ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

EFFECTS OF USING STUDENT TEAMS ACHIEVEMENT DIVISIONS (STAD) COOPERATIVE LEARNING WITH HELLER AND HELLER LOGICAL PROBLEM-SOLVING STRATEGY ON PHYSICS PROBLEM-SOLVING ABILITIES IN ELECTROSTATICS OF 11th GRADE STUDENTS

นันธิญา แก้ววิจิตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

นันธิญา แก้ววิจิตร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

EFFECTS OF USING STUDENT TEAMS ACHIEVEMENT DIVISIONS (STAD) COOPERATIVE LEARNING WITH HELLER AND HELLER LOGICAL PROBLEM-SOLVING STRATEGY ON PHYSICS PROBLEM-SOLVING ABILITIES IN ELECTROSTATICS OF 11th GRADE STUDENTS

NUNTHIYA KAEWVICHIT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Science Education)

Science Education Center, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ของ

นันธิญา แก้ววิจิตร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทรขันตี)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

ชื่อเรื่อง	ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ผู้วิจัย	นันธิญา แก้ววิจิตร
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 2) พัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และ 3) ความพึงใจในการจัดการเรียนรู้ของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่องไฟฟ้าสถิต กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนนพัฒนาการ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีแนวโน้มคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เฉลี่ยสูงขึ้น โดยครั้งที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับไม่ผ่าน (M= 7.65, S.D. = 0.88) และครั้งที่ 6 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับดีเยี่ยม (M = 18.41, S.D. = 0.50) 2) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหามากที่สุด(M = 22.30, S.D. = 0.45) และองค์ประกอบที่ 5 ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบน้อยที่สุด (M = 10.16, S.D. = 0.98) 3) โดยระยะที่ 1 และ 2 นักเรียนมีระดับพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะที่ 3 และ 4 นักเรียนมีระดับพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับสูง และในระยะที่ 5 นักเรียนมีระดับพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับสูงมาก และ 4) นักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (M = 4.22, S.D. = 0.68)

คำสำคัญ : ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์, การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์, กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์, ไฟฟ้าสถิต

Title	EFFECTS OF USING STUDENT TEAMS ACHIEVEMENT DIVISIONS (STAD) COOPERATIVE LEARNING WITH HELLER AND HELLER LOGICAL PROBLEM-SOLVING STRATEGY ON PHYSICS PROBLEM-SOLVING ABILITIES IN ELECTROSTATICS OF 11th GRADE STUDENTS
Author	NUNTHIYA KAEWVICHIT
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Chaninan Pruekpramool

The objectives of this research are as follows: (1) to study physics problem-solving ability; (2) the development of physics problem-solving ability; and (3) satisfaction toward learning with Student Teams Achievement Divisions (STAD) cooperative learning and with the Heller and Heller logical problem-solving strategy in terms of the concept of electrostatics. The participants consisted of 37 eleventh grade students at a secondary school, in the second semester of the 2020 academic year in Phra Nakhon Si Ayutthaya province. The research instruments included lesson plans, physics problem- solving ability tests and satisfaction towards learning questionnaires. The quantitative data were analyzed by percentage, mean, standard deviation, and gain score. The results revealed the following: (1) students tended to have higher physics problem-solving ability mean scores. The first time, the physics problem-solving ability of the students was at a not-pass level (M = 7.65, S.D. = 0.88) and the sixth time, the mean score was at an excellent level (M = 18.41, S.D. = 0.50); (2) the students gained the highest mean score for component one, the ability to understand the problem (M = 22.30, S.D. = 0.45), and the lowest mean score in component five, the ability to verify the answers (M = 10.16, S.D. = 0.98). 3) In phases one and two, the physics problem-solving ability of students increased to a moderate level. In phases three and four, the gain scores were at a high level. In addition, students had a very high level of development in terms of physics problem-solving abilities in phase five; and (4) the satisfaction of the students toward learning was at a high level (M = 4.22, S.D. = 0.68).

Keyword : Physics problem-solving ability, Student teams achievement divisions, Heller and Heller logical problem-solving strategy, Electrostatics

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ ในการให้ความช่วยเหลือในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเมตตา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศตริน วรรณเกตุศิริ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทรขันตี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าและให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่ทำให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมรุ่น คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ ของสาขาวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ รวมถึงเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ที่คอยให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ทำให้ผู้วิจัยสามารถก้าวผ่านทุกอุปสรรคจนประสบความสำเร็จด้วยความภาคภูมิใจ

นันธิญา แก้ววิจิตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

คำถามของการวิจัย 4

ความมุ่งหมายของการวิจัย 5

ความสำคัญของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

กลุ่มที่ศึกษา 5

ตัวแปรที่ศึกษา 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย 9

สมมติฐานในการวิจัย 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 12

2. การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ 47

3. การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) 53

4. กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 61
5. การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 66
6. ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ 70
7. คะแนนพัฒนาการ 77
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 80
1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา 80
2. แบบแผนการวิจัย 80
3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน 81
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 82
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล 93
6. การวิเคราะห์ข้อมูล 93
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 95
8. การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ 97
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 98
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 117
ความมุ่งหมายของการวิจัย 117
สมมติฐานในการวิจัย 117
วิธีการดำเนินการวิจัย 118
สรุปผลการวิจัย 119
อภิปรายผล 120
ข้อเสนอแนะ 125
ภาคผนวก 127

บรรณานุกรม..... 162

ประวัติผู้เขียน..... 173

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 การสังเคราะห์พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์..... 17

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตาม เทคนิคของโพลยา เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ 35

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เรื่องไฟฟ้าสถิต 37

ตาราง 4 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามแนวกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น 41

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต 44

ตาราง 6 การสอดแทรกการจัดการเรียนรู้ระหว่างการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 67

ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง 81

ตาราง 8 ผลการเรียนรู้ สาระที่ 6 ฟิสิกส์ 83

ตาราง 9 บทเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อที่การเรียนรู้และเวลาที่ใช้ 84

ตาราง 10 วิเคราะห์แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต..... 88

ตาราง 11 ค่าความเชื่อมั่นและค่าสหสัมพันธ์ของแบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ทั้งฉบับ..... 90

ตาราง 12 ผลคะแนนและระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน 99

ตาราง 13 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนรายองค์ประกอบ 100

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 111

ตาราง 15 จำนวนนักเรียนและร้อยละในแต่ละกลุ่มพัฒนาการ..... 114

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจของนักเรียน..... 115

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ .. 133

ตาราง 18 ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้..... 136

ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์..... 139

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) และค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้..... 140

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย 9
ภาพประกอบ 2 หลักการคำนวณคะแนนพัฒนาการ..... 78
ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 2..... 101
ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 20..... 102
ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 34..... 102
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 2..... 103
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 22..... 104
ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 24..... 104
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 6 ของนักเรียนคนที่ 22..... 105
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 13..... 106
ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 26..... 106
ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 16..... 107
ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 21..... 107
ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 29 ของนักเรียนคนที่ 17..... 108
ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 6 ของนักเรียนคนที่ 23..... 108
ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 6 ของนักเรียนคนที่ 15..... 109
ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 6 ของนักเรียนคนที่ 7..... 109

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติและนำไปสู่การค้นพบนวัตกรรมที่มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์ เป็นหนึ่งในสาระเพิ่มเติมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1) โดยวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ในธรรมชาติมากขึ้น เน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด ความเข้าใจ ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สิริเกศ หมัดเจริญ, 2554, น. 1) นอกจากนี้วิชาฟิสิกส์สามารถประยุกต์ในวิชาต่าง ๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ แพทยศาสตร์ ชีวฟิสิกส์ เคมีฟิสิกส์ เป็นต้น ทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ ขึ้นมากมาย (จีรเดช ฟ้าเลิศ, 2552, น. 2)

ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์นั้นการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง (Sunday, 2010, p. 39) เนื่องจากลักษณะเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหา (ปนัดดา เที่ยงโยธา, 2552, น. 4) ซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา การแปลความโจทย์ปัญหาไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ กราฟความสัมพันธ์ของตัวแปร พีชคณิต สมการต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ รวมถึงการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 1) อย่างไรก็ตาม ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์พบว่าการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละครั้งนักเรียนมักศึกษาจากตัวอย่างโจทย์ที่ผ่านมา จึงไม่ได้เกิดจากการวิเคราะห์ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนไม่มีทักษะและไม่สามารถหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยตนเองได้ รวมทั้งนักเรียนไม่มีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ถูกต้องเพียงพอ (มารุต วรสาร, 2548, น. 1) และนักเรียนไม่สามารถนำความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ (อุษา ชมภูพฤกษ์, 2561, น. 3)

นอกจากนี้จากประสบการณ์การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมาประสบปัญหา ไม่สามารถดำเนินการให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเริ่มต้นแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องไฟฟ้าสถิต ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของเนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าทั้งหมดในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ นักเรียนหลายคนไม่สามารถวิเคราะห์และจินตนาการสถานการณ์จากโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่กำหนด ไม่

สามารถระบุข้อมูลที่โจทย์ให้มาและต้องการทราบ จึงไม่สามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาและหาคำตอบได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาแนวทางมาพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน

จากการศึกษากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นหนึ่งในวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่สามารถเป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ให้แก่นักเรียน โดย Heller & Heller (2010) ได้นำเสนอกลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผลซึ่งถือเป็นสิ่งที่ยากที่สุดของการแก้โจทย์ปัญหาและเป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน (Heller & Heller, 2010) คือ ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา เป็นขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์จากโจทย์ เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หา ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นขั้นที่นักเรียนเขียนแผนภาพจากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ และเขียนหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนต้องนำข้อมูลที่ได้จากขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มาเขียนสมการทั้งหมดที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา วางแผนการแก้สมการทางคณิตศาสตร์โดยเริ่มจาก แก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ นักเรียนดำเนินการแก้สมการตามแผนที่วางไว้เพื่อหาผลลัพธ์ของตัวแปรเป้าหมาย รวมทั้งตรวจสอบหน่วยไปพร้อมกันและขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นขั้นการตรวจสอบความสอดคล้องของผลลัพธ์กับหน่วย ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ ตรวจสอบความสมบูรณ์ของผลลัพธ์ และสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหา

โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาข้างต้นมีจุดเด่น คือ เป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นหลักการฟิสิกส์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เน้นการตรวจสอบหน่วย การใช้เวกเตอร์แสดงทิศทางสำหรับการเขียนแผนภาพ มีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพรวมของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ง่าย และสามารถวางแผนหรือหาแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ทำให้นักเรียนเกิดทักษะและกระบวนการคิดวิเคราะห์ที่เป็นระบบสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ แต่กลวิธีนี้ยังมีข้อจำกัดคือ ไม่เหมาะที่จะใช้กับนักเรียนทุกคน แต่จะเหมาะสมกับนักเรียนที่มีพื้นฐานทางความรู้ดีในระดับหนึ่ง ส่วนนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้ไม่ดีพอจะใช้กลวิธีดังกล่าวไม่ดีเท่าที่ควร (เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 91) ดังนั้นการใช้กลวิธีแก้ปัญหาข้างต้นแต่เพียงอย่างเดียวยังไม่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร จึงได้เสนอแนะให้มีการผสมผสานกลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าว

กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อศึกษาผลของกระบวนการกลุ่มที่มีต่อการใช้กลวิธีดังกล่าว ซึ่งข้อเสนอแนะดังกล่าวสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของงานวิจัยของอมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, น. 66) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหานี้ได้เสนอว่า ในการจัดการเรียนรู้ควรมีการนำกลวิธีดังกล่าวร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เช่น การเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อเป็นการผสมผสานกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความหลากหลายและเป็นการช่วยเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาพบว่าการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) เป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญที่มุ่งเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ มีการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย มาเรียนรู้ร่วมกันและช่วยเหลือกัน (Johnson & Johnson, 1994, p. 5) การเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนได้ โดยนักเรียนต้องใช้ความรู้ความสามารถของตนเองในการร่วมมือกันแก้ปัญหาให้สำเร็จ ทั้งนี้สมาชิกในกลุ่มต้องคำนึงว่าแต่ละคนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม ความสามารถ และความร่วมมือกันของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม ส่งผลต่อความสำเร็จของกลุ่ม ซึ่งสมาชิกในกลุ่มต้องมีความรับผิดชอบที่จะเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาร่วมกัน ทั้งรับผิดชอบการเรียนของตนเองและช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มด้วย สมาชิกทุกคนในกลุ่มจึงจะประสบความสำเร็จร่วมกัน (Slavin, 1995, p. 5) นอกจากนี้ Heller & Heller ยังกล่าวว่านักเรียนที่ทำงานเป็นกลุ่มเรียนรู้ได้ดีกว่าผู้ที่ทำงานเป็นรายบุคคล (Heller & Heller, 2010, p.1) ในวิชาฟิสิกส์ส่วนหนึ่งที่นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหามาจากการทำงานเป็นกลุ่ม เนื่องจากการทำงานเป็นกลุ่มทำให้นักเรียนมีโอกาสอภิปรายแนวคิดและผ่านการสนทนา เผยให้เห็นแนวความคิดที่ไม่ถูกต้องของตนเองและพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาและการแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น (Toggerson, 2014, p.16)

การเรียนรู้แบบร่วมมือมีหลายวิธี แต่ละวิธีมีจะมีโครงสร้างของการเรียนรู้แตกต่างกันและมีความเหมาะสมกับลักษณะเนื้อหาแต่ละวิชาต่างกันไป การเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (Student Teams Achievement Divisions หรือ STAD) เป็นวิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือที่เหมาะสมกับวิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณ เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เป็นต้น (Slavin, 1995, p. 71) เนื่องจากเป็นวิชาที่มีลักษณะเนื้อหาต่อเนื่องกัน เหมาะสมกับการเรียนที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองเพียงลำพังได้ และมีคำตอบที่ตายตัว (มินตา ชนะสิทธ์, 2558, น. 28) วิธีการเรียนรู้แบบนี้มีการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์มีการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 4 คน คละความสามารถทางการเรียนให้แต่ละกลุ่มมีนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน ทั้งนี้ครูเป็นผู้กำหนดและเสนอบทเรียนให้แก่นักเรียน การให้นักเรียนได้

เรียนรู้เป็นกลุ่มช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและช่วยเหลือกัน นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ ส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนสูงขึ้น ดังงานวิจัยของสิริกร กลยนีย์ (2556, น. 201) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา พบว่านักเรียนที่ได้เรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยามีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน ซึ่งในการแก้โจทย์ปัญหานั้นนอกจากการเรียนรู้แบบร่วมมือ แบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ จะเห็นได้ว่าการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ยังต้องอาศัยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นลำดับขั้นตอนมาช่วยนักเรียนในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา ทั้งนี้เพราะการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และช่วยเหลือกัน แต่ไม่มีแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีวิธีการสำหรับการแก้โจทย์ปัญหามาใช้ร่วมกันเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจนและทำให้การแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นจากข้อมูลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำเป็นต้องอาศัยการเรียนรู้แบบร่วมมือผนวกกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ รวมถึงจากสภาพปัญหาวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าสถิตมีความสำคัญเนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของเนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และโจทย์ปัญหาเรื่องไฟฟ้าสถิตมีความเป็นนามธรรมทำให้ยากในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ผลจากงานวิจัยช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้สูงขึ้น ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงเป็นแนวทางสำหรับครูและผู้ที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีผลต่อความสามารถและพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อย่างไร

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงใจในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2. เพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

3. เพื่อศึกษาความพึงใจในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความสำคัญของการวิจัย

ในการส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ส่งผลให้การเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนประสบความสำเร็จมากขึ้นและเป็นแนวทางในสำหรับครูและผู้เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในบทเรียนวิชาฟิสิกส์อื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 37 คน ได้มาจากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มที่ศึกษาที่ผู้วิจัย

กำหนดขึ้นเอง โดยคำนึงถึงความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้เป็นชั้นเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ตัวแปรตาม ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และความพึงใจในการจัดการเรียนรู้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หมายถึง ขั้นตอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม คละความสามารถทางการเรียน กลุ่มละประมาณ 4 คน สมาชิกทุกคนจะต้องช่วยเหลือกันในการเรียนรู้และการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน (Class presentation) เป็นการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยนักเรียนร่วมกันเสนอความคิดเห็นจากการสนทนา การใช้รูปภาพ และการซักถามจากครู จากนั้นนักเรียนเรียนรู้เนื้อหาของบทเรียนใหม่โดยครูนำเสนอเนื้อหาให้แก่นักเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เช่น การบรรยาย สาธิต อธิบายและแสดงเหตุผล ใช้คำถาม เป็นต้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ตามขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์จากโจทย์ เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หา

2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นขั้นที่นักเรียนเขียนแผนภาพจากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์และเขียนหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

3. วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มากำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยเขียนสมการทั้งหมดที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา วางแผนการแก้สมการทางคณิตศาสตร์โดยเริ่มจาก แก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน

4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เป็นขั้นที่นักเรียนดำเนินการแก้สมการตามแผนที่วางไว้เพื่อหาคำตอบของตัวแปรเป้าหมาย รวมทั้งตรวจสอบหน่วยไปพร้อมกัน

5. ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นที่นักเรียนตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบกับหน่วย ตรวจสอบความสมเหตุสมผลและความสมบูรณ์ของคำตอบ และสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม (Teams) เป็นขั้นที่นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 4 คน โดยคละความสามารถทางการเรียน หลังจากที่ครูนำเสนอบทเรียนแล้ว แต่ละกลุ่มจะได้รับมอบหมายให้ทำกิจกรรมหรือได้เรียนรู้จากสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ สมาชิกในกลุ่มต้องช่วยกันอภิปราย ปรึกษาหารือ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นเครื่องมือในการช่วยแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย (Quizzes) เป็นขั้นที่นักเรียนได้รับการทดสอบประจำเนื้อหาย่อย หลังจากที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย และนักเรียนทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจในบทเรียนแล้ว เป็นการทดสอบย่อยรายบุคคล โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 4 คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล (Individual improvement score) เป็นขั้นที่ครูหาคะแนนการพัฒนาของนักเรียนแต่ละคน โดยหาจากความแตกต่างระหว่างคะแนนฐานกับคะแนนที่นักเรียนสอบได้จากการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ และหาคะแนนของกลุ่ม (Team score) โดยหาคะแนนเฉลี่ยจากการรวมคะแนนการพัฒนาของนักเรียนทุกคนในกลุ่มแล้วหารด้วยจำนวนสมาชิกในกลุ่มแต่ละคน

ขั้นที่ 5 รับรองผลงานของกลุ่ม (Team recognition) เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน ประเมินผลการทำงานกลุ่มเกี่ยวกับการปฏิบัติงานร่วมกันภายในกลุ่ม พร้อมทั้งครูสรุปผลคะแนนของกลุ่มที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และประกาศคะแนนกลุ่มให้แต่ละกลุ่มทราบ ครูให้คำชมเชยหรือให้รางวัลกับนักเรียนกลุ่มที่มีคะแนนการพัฒนาของกลุ่มสูงสุด

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ทักษะพื้นฐานของนักเรียนโดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ ระดับสติปัญญา แนวคิดและหลักการทางฟิสิกส์ มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างเป็นขั้นตอนจนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง ซึ่งพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

1) ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา หมายถึง นักเรียนเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้อง

2) ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ หมายถึง นักเรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ(Free body diagram) จากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียดและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง

3) ความสามารถในการวางแผน หมายถึง นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบ

4) ความสามารถในการหาคำตอบ หมายถึง นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เป็นไปตามลำดับขั้นตอนการแก้สมการพร้อมทั้งตรวจสอบหน่วยได้ถูกต้อง

5) ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ หมายถึง นักเรียนตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบได้ถูกต้อง

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์สามารถวัดจากการเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนซึ่งได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นแบบวัดแบบอัตนัยจำนวน 12 ข้อ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบในขั้นตอนที่ 3 ทดสอบย่อย (Quizzes) ของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งจะทำการวัดจำนวน 6 ครั้งตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. พัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง คะแนนผลต่างของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน จากการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำนวน 6 ครั้งตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้จึงมีช่วงพัฒนาการจำนวน 5 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 2

ระยะที่ 2 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 3

ระยะที่ 3 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 4

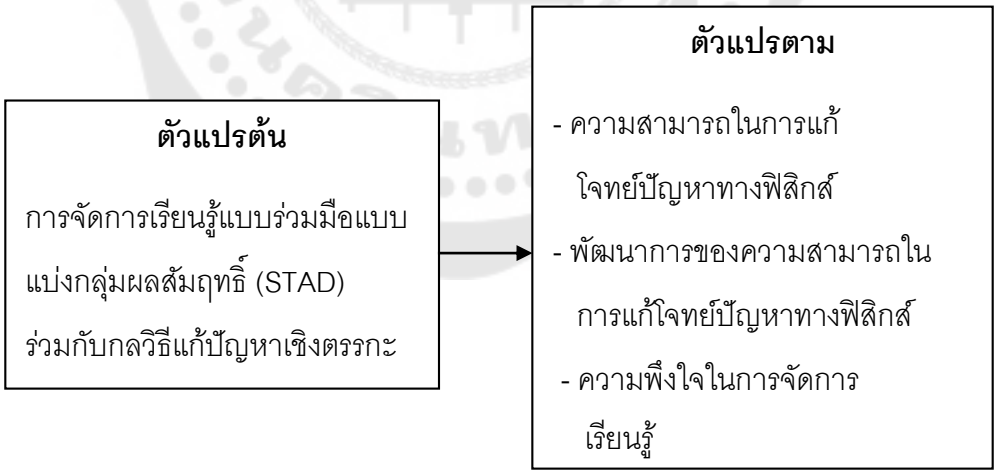
ระยะที่ 4 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 5

ระยะที่ 5 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 6

4. ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบสอบถามในรูปแบบของมาตรประมาณค่าของ ลิเคิร์ท (Likert type scale) 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด เพื่อวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านผู้สอน ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในงานวิจัยผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นคือ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และตัวแปรตามคือความสามารถและพัฒนาการของความสามารถในในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และความพึงใจในการจัดการเรียนรู้ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65

2. พัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงขึ้น

3. นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากขึ้นไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
    1.1 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
    1.2 ความสำคัญของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
    1.3 องค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
    1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
    1.5 การวัดและการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
2. การเรียนรู้แบบร่วมมือ
    2.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือ
    2.2 หลักการและแนวคิดของการเรียนรู้แบบร่วมมือ
3. การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์
    3.1 ความหมายการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์
    3.2 ขั้นตอนของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์
    3.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์
4. กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
    4.1 แนวคิดของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
    4.2 ขั้นตอนของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
    4.3 ข้อดีและข้อจำกัดของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
5. การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
6. ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้
    6.1 ความหมายของความพึงพอใจ
    6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้
    6.3 การวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

7. คะแนนพัฒนาการ

7.1 ความหมายของคะแนนพัฒนาการ

7.2 การคำนวณคะแนนพัฒนาการ

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

1.1 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ต้องมีการฝึกฝนอยู่เสมอเพื่อให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ทำให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาอย่างถูกต้องและรวดเร็ว (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 38; พัชนี แสงประสิทธิ์, 2558, น. 43; เสฏฐวุฒิ มุลอามาตย์, 2549, น. 47) มีนักวิจัยและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ว่าหมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา แนวคิดและหลักการทางฟิสิกส์ รวมทั้งการพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้คณิตศาสตร์ในการแก้สมการ (จีรเดช ฟ้าเลิศ, 2552, น. 35; เจนศึก โพธิศาสตร์, 2546, น. 20; พัชนี แสงประสิทธิ์, 2558, น. 9; สุพรรณี วรวัฒนเมธี, 2557, น. 6) ซึ่งเกริก ศักดิ์สุภาพ (2556, น. 38) และเอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558, น. 37) ได้เสนอตรงกันว่านักเรียนต้องเข้าใจโจทย์ปัญหา หาความสัมพันธ์ของข้อมูล มีแนวทางและขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา รวมถึงการตรวจคำตอบซึ่งใช้ทักษะความรู้ทางฟิสิกส์และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและภายนอกที่มีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ปัจจัยภายใน เช่น ความรู้พื้นฐานเดิม ประสบการณ์ ระดับสติปัญญา วุฒิภาวะทางสมอง และแรงจูงใจ เป็นต้น (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 38; พัชนี แสงประสิทธิ์, 2558, น. 9; อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, น. 18)เสนอเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยภายในรวมถึงความสนใจ ความพร้อมและอารมณ์ของนักเรียนด้วย และปัจจัยภายนอก เช่น สภาพแวดล้อม เป็นต้น โดยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนจะพิจารณาจากคะแนนที่นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (มงคล วิลามาศ, 2551, น. 8; สิริเกศ หมัดเจริญ, 2554, น. 5; เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 37)

ดังนั้นจากการศึกษาสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ทักษะในการเข้าใจโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และหาความสัมพันธ์ของข้อมูล อาศัยแนวคิดและหลักการทางฟิสิกส์หาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ใช้คณิตศาสตร์ในการ

แก้สมการเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องโดยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความรู้พื้นฐานเดิม ประสบการณ์ ระดับสติปัญญา วุฒิภาวะทางสมอง และแรงจูงใจ รวมไปถึงวิธีการเรียนรู้ของนักเรียน

1.2 ความสำคัญของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

การแก้ปัญหาสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตในแต่ละวันของมนุษย์ทุกเพศทุกวัยอย่างมิอาจหลีกเลี่ยงได้ การแก้ปัญหาจึงต้องมีการฝึกฝนให้เกิดขึ้นตั้งแต่เด็กเพื่อให้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้ (รศนา อัชชะกิจ, 2537, น. 11) การฝึกฝนให้นักเรียนมีความพร้อมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันกระทำได้โดยการฝึกฝนจากสถานการณ์ที่สมมติขึ้นมาให้นักเรียนได้เรียนรู้ คือ โจทย์ปัญหา การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์จึงต้องอาศัยโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เข้ามาช่วยในการฝึกฝนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งการฝึกฝนแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์รวมทั้งการคิดค้นวิธีการแสวงหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้นด้วยตนเองจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ และความคิดรวบยอดและได้ฝึกฝนทักษะ เพื่อให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ได้ (Lester, 1977, p. 12) ธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ในการศึกษาค้นคว้าหาข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ นั้น ความรู้ส่วนใหญ่ได้มาจากการคำนวณและการแก้โจทย์สมการโดยอาศัยพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (มารุต วรสาร, 2548, น. 1) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เพราะช่วยเป็นแรงกระตุ้นให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี หลักการหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น (เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 2)

ดังนั้นจากการศึกษาความสำคัญของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์กล่าวได้ว่า ความสามารถนี้มีความจำเป็นต่อการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เนื่องจากลักษณะของวิชาต้องอาศัยทักษะการคำนวณและการแก้ปัญหาเป็นส่วนสำคัญ ในการฝึกฝนการแก้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ จึงต้องใช้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นเครื่องมือในการฝึกฝนเพื่อให้สามารถนำทักษะไปใช้แก้ไขปัญหาในเหตุการณ์จริง

1.3 พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์พบว่า มีนักวิชาการหลาย ๆ ท่านได้เสนอพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ปรากฏอยู่ในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้

Polya (1973) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนแสดงพฤติกรรมของนักเรียน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจโจทย์ นักเรียนต้องเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดมาและสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบได้

2. ขั้นวางแผน นักเรียนพิจารณาได้ว่าต้องแก้ปัญหาด้วยวิธีการใด แล้วหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเขียนออกมาในรูปของสมการ

3. ขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนแสดงวิธีในการหาคำตอบตามแผนที่วางไว้ได้ถูกต้อง

4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ นักเรียนต้องตรวจสอบในแต่ละขั้นตอน และตรวจคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องตามที่โจทย์ให้หาหรือไม่

Hestennes (1987) ได้เสนอขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนแสดงพฤติกรรมของนักเรียน ดังนี้

1. ขั้นอธิบายปัญหา นักเรียนควรแสดงพฤติกรรมประกอบด้วย

1.1 นักเรียนสามารถบรรยายวัตถุแทนโจทย์ปัญหา

1.2 นักเรียนต้องบรรยายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ

1.3 นักเรียนต้องเขียนแผนภาพ Free Body Diagram และความสัมพันธ์ของวัตถุ

2. ขั้นวางแผนกำหนดสูตรที่ใช้ นักเรียนต้องเขียน กฎ สูตรต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

3. ขั้นการหาผลลัพธ์ นักเรียนสามารถนำสูตรทางฟิสิกส์มาแสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้อง

4. ขั้นการตรวจสอบ นักเรียนสามารถตรวจสอบความเป็นไปได้และความสมเหตุสมผลของคำตอบได้

Krulik&Rudnick (1995) ได้เสนอขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนแสดงพฤติกรรมของนักเรียน ดังนี้

1. ขั้นอ่านและคิด นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่าง ๆ เป็นสัญลักษณ์จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มา และตัวแปรใดที่โจทย์ต้องการทราบ

2. ขั้นสำรวจและวางแผน นักเรียนสามารถระบุได้ว่า ข้อมูลที่โจทย์กำหนดมานั้นเพียงพอต่อการหาคำตอบหรือไม่หรือตรวจสอบข้อมูลว่ามากเกินไปหรือไม่สำหรับการแก้ปัญหาแล้วนำที่โจทย์ให้มาวาดรูป ตาราง หรือกราฟ เพื่อช่วยในการทำความเข้าใจโจทย์

3. ขั้นเลือกยุทธวิธี นักเรียนสามารถเลือกแนวทางที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

4. ขั้นหาคำตอบ นักเรียนสามารถแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบได้อย่างถูกต้องโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

5. ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล นักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องความสมเหตุสมผลของคำตอบ และสามารถอภิปรายเพื่อหาแนวทางอื่นในการแก้โจทย์ปัญหา

Heller & Heller (2010) ได้เสนอขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา 5 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนแสดงพฤติกรรมของนักเรียน ดังนี้

1. ขั้นพิจารณาปัญหา นักเรียนต้องวาดภาพสถานการณ์คร่าว ๆ แล้วระบุสิ่งที่โจทย์ให้มา และเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ นักเรียนสามารถเขียน Free Body Diagram หรือรายละเอียดต่าง ๆ ลงในภาพ เช่น ทิศเคลื่อนที่ของวัตถุ เครื่องหมาย + หรือ – ตัวแปรต่าง ๆ เป็นต้น และระบุ กฎ หลักการ หรือทางการทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาครั้งนี้

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนต้องเขียนสมการทั้งหมดที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

4. ขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนสามารถแสดงวิธีหาผลลัพธ์โดยเป็นไปตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องพร้อมทั้งตรวจสอบหน่วยของผลลัพธ์ที่ได้

5. ขั้นประเมินคำตอบ นักเรียนสามารถระบุได้ว่าคำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผล เหมาะสมกับโจทย์ปัญหา และมีความสมบูรณ์หรือไม่

Rojas (2010) ได้เสนอขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา 6 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนแสดงพฤติกรรมของนักเรียน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนสามารถเขียนเงื่อนไขที่โจทย์ให้มาและอะไรคือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

2. ขั้นจัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา นักเรียนคิดและเขียน กฎ หลักการ หรือสูตรต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่เป็นไปได้ในการแก้โจทย์ปัญหา

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนสามารถเขียนสูตรและเลือกกลวิธีในในการแก้โจทย์ปัญหา

4. ขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนสามารถแสดงวิธีการหาคำตอบตามแผนที่วางไว้

5. ขั้นพิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ นักเรียนต้องตรวจสอบความสอดคล้องของสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

6. ขั้นตรวจสอบและประเมินคำตอบ นักเรียนทำการตรวจสอบความสอดคล้องคำตอบและโจทย์ และความสมเหตุสมผลของคำตอบ

จากการศึกษาพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Polya (1973), Hestennes (1987), Krulik และ Rudnick (1995), Heller และ Heller (2010) และ Rojas (2010) พบว่าบางองค์ประกอบเหมือนกันและบางองค์ประกอบมีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบและสังเคราะห์พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 การสังเคราะห์พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

Polya (1973)	Hestennes (1987)	Krulik & Rudnick (1995)	Heller&Heller (2010)	Rojas (2010)	**องค์ประกอบที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น**
1. ระบุส่วนที่โจทย์กำหนดและโจทย์ต้องการให้หา	1. เขียนลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุและแผนภาพ Free Body Diagram	1. ระบุตัวแปรต่าง ๆ จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้และตัวแปรที่โจทย์ต้องการทราบ	1. วาดภาพสถานการณ์คร่าวๆ แล้วระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้ และข้อมูลที่โจทย์ต้องการทราบ	1. เขียนเงื่อนไขที่โจทย์ให้มาและอะไรคือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ	1. เขียนข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และข้อมูลโจทย์ต้องการทราบ ให้อยู่ในรูปตัวแปร (ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา)
	2. เขียนกฎ หลักการและสมการต่าง ๆ ทางฟิสิกส์	2.ระบุว่าข้อมูลที่ โจทย์กำหนดมานั้นเพียงพอหรือไม่ แล้ววาดรูป	2. เขียน Free Body Diagram ลงในภาพและหลักการทางฟิสิกส์ที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา	2. เขียน กฎ หลักการหรือสูตรต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่เป็นไปได้ในการแก้โจทย์ปัญหา	2. เขียนแผนภาพจากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด และระบุว่าหลักการทางฟิสิกส์ใดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์)
2. ระบุวิธีการที่จะใช้ในการหาคำตอบ		3. เลือกแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา	3. สามารถเขียนสมการที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา	3. เขียนสมการและเลือกกลวิธีในในการแก้โจทย์ปัญหา	3. เขียนความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปตัวแปร เลือกสมการ และแนวทางในการหาคำตอบ (ความสามารถในการวางแผน)
3. แสดงวิธีการหาคำตอบ	3. แสดงวิธีการหาคำตอบ	4. แสดงวิธีทำหาคำตอบได้	4. แสดงวิธีหาคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบหน่วย	4. แสดงวิธีหาคำตอบ 5. ตรวจสอบความสอดคล้องของสมการ	4. แสดงวิธีหาคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบหน่วย (ความสามารถในการหาคำตอบ)
4. ตรวจสอบคำตอบที่ได้	4. ตรวจสอบคำตอบที่ได้	5. ตรวจคำตอบและอภิปรายวิธีอื่นในการหาคำตอบภายในกลุ่ม	5. ระบุได้ว่าคำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผล และมีความสมบูรณ์หรือไม่	6. ตรวจสอบคำตอบที่ได้	5. ตรวจสอบคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบ (ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ)

จากตาราง 1 สามารถสรุปได้ว่าพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ประกอบด้วย

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา นักเรียนเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้อง

2. ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ นักเรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free body diagram) จากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง

3. ความสามารถในการวางแผน นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบ

4. ความสามารถในการหาคำตอบ นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เป็นไปตามลำดับขั้นตอนการแก้สมการพร้อมทั้งตรวจสอบหน่วยได้ถูกต้อง

5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบได้ถูกต้อง

1.4 การเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

การเรียนรู้ต้องมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เน้นที่กระบวนการให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ฝึกการคิด และฝึกให้นักเรียนรู้จักการพิจารณาอย่างมีเหตุผล ตลอดจนสามารถนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สิริเกศ หมัดเจริญ, 2554, น. 1) จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า การเรียนรู้แบบต่าง ๆ ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สามารถสรุปได้ 2 แนวทาง ดังนี้

1.4.1 การส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้แสวงหาความรู้ สามารถสร้างองค์ความรู้และค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การค้นพบความรู้ โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Carin, 1975, p. 97; Good, 1973, p. 303; เจนศึก โพธิศาสตร์, 2546, น. 24; อรพินท์ ชื่นชอบ, 2549, น. 28; อาซิ ดราแม, 2558, น. 10; เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 27) ซึ่งทิศนา แขมมณี (2555, น. 141) ได้เสนอเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา

ความรู้ ว่าเมื่อครูต้องการให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบในการแก้ปัญหา จนเกิดเป็นทักษะ และได้ทำความเข้าใจ ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดเป็นความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ด้วยตนเอง

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ เช่น การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น สามารถที่จะสร้างองค์ความรู้ให้กับนักเรียนให้เข้าใจเนื้อหา หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนได้ (อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, น. 59; เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 3) โดยอรพินท์ ชื่นชอบ (2549, น. 2) และ พัชนี แสงประสิทธิ์ (2558, น. 3) เสนอตรงกันว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาและในการแก้โจทย์ปัญหา โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา

ดังนั้นการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จึงเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ และแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ด้วยตนเอง โดยอาศัยกระบวนการทางความคิดอย่างเป็นขั้นตอน

จากการศึกษาการส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบมีการใช้การเรียนรู้ดังกล่าวผนวกกับเทคนิคการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังนี้

1) การส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิค

จากการศึกษาพบว่า มีงานวิจัยที่ใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังงานวิจัยของ เจนศึก โพธิศาสตร์ (2546, น. 45) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องงานและพลังงานโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคซึ่งสอดแทรกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคไว้ในขั้นสอนหรือขั้นสร้างความรู้และขั้นนำไปใช้ของการเรียนรู้แบบดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบดังกล่าว มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

โดยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของ Krulik&Rudnick (1995) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นอ่านและคิด (Read and think) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหา คิดวิเคราะห์จากนั้นเขียนสิ่งที่โจทย์ให้มาและเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบรวมถึงจินตนาการตามสถานการณ์ของโจทย์

2. ขั้นสำรวจและวางแผน (Explore and plan) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องวิเคราะห์ข้อมูลพร้อมทั้งตรวจสอบข้อมูลว่าเพียงพอหรือไม่หรือตรวจสอบข้อมูลว่ามากเกินไปหรือไม่สำหรับการแก้ปัญหา แล้วนำข้อมูลมาวาดแผนภาพหรือสร้างแบบจำลอง แผนภูมิ ตาราง หรือกราฟ

3. ขั้นเลือกยุทธวิธี (Select a strategy) เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อใช้ในการหาคำตอบ

4. ขั้นหาคำตอบ (Find an answer) เป็นขั้นที่นักเรียนใช้ความรู้และความสามารถทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบ

5. ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล (Look back) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้ ความสอดคล้องและความสมเหตุสมผล รวมทั้งอภิปรายถึงแนวทางอื่น ๆ ที่สามารถนำมาแก้ปัญหาได้

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา กระตุ้นความคิดความเข้าใจในหลักการที่จะนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เพราะเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจในลักษณะของตัวปัญหาและเสริมสร้างกระบวนการที่จะนำไปใช้ประโยชน์นำไปสู่แนวทางหาคำตอบที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคมีข้อจำกัด คือ ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนสนใจที่จะแก้โจทย์ปัญหาในระหว่างการจัดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ กระตุ้นให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อให้ได้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป (เจนศึก โพธิศาสตร์, 2546, น. 54) ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก ทั้งนี้เวลาที่มีสำหรับการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างจำกัด (เจษฎา รัตนบรรเทิง, 2557, น. 104) อีกทั้งเทคนิคกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคยังไม่ชัดเจนในส่วนของการตรวจสอบหน่วย ซึ่งถือเป็นเรื่องสำคัญของการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

2) การส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา

จากการศึกษาพบว่า มีงานวิจัยที่ใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังงานวิจัยของ อรพินท์ ชื่นชอบ (2549, น. 54) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการแก้ปัญหาตามวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาโดยสอดแทรกวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาไว้ในขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุปรวมทั้งขั้นขยายความรู้ ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนและมากกว่าเกณฑ์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ อาซิ ดราแม (2558, น. 74) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา โดยสอดแทรกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาไว้ในขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุปเพียงขั้นตอนเดียว ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของอรพินท์ ชื่นชอบ ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้มากกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้

โดยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาเป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่ George Polya สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (Polya (Polya, 1973, p. 16) ได้แก่

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา โดยพิจารณาและระบุข้อมูลที่โจทย์ให้มา รวมถึงระบุข้อมูลที่โจทย์ถามหา

2. ขั้นวางแผน (Devising a plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาด้วยวิธีใด แล้วหาแนวทางและสมการในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้โดยคำนวณหาคำตอบและแสดงวิธีทำ

4. ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Looking back) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ

จากการศึกษาพบว่าการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาช่วยส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล และ

ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่ชัดเจน (อรพินท์ ชื่นชอบ, 2549, น. 35; อาซิ ดราแม, 2558, น. 23) ซึ่งขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาแต่ละขั้นตอนใช้ในการพัฒนาความคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ และการที่นักเรียนได้เขียนวิธีการคิดหรือเขียนคำตอบในแต่ละขั้นยังช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น แต่ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยายังมีข้อจำกัดคือเป็นรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาที่ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการค้นพบทางคณิตศาสตร์มากว่า ไม่ได้มีการเน้นการวิเคราะห์ในเชิงฟิสิกส์ หรือหลักการทางฟิสิกส์เท่าที่ควร รวมถึงไม่เน้นการวาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในโจทย์ปัญหาซึ่งเป็นเรื่องสำคัญในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 91)

3) การส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

จากการศึกษาพบว่า มีงานวิจัยที่ใช้การเรียนรู้แบบนี้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เช่น อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, น. 52) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสอน ขั้นสรุป และขั้นนำไปใช้ โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาถูกแทรกอยู่ในขั้นสอนและขั้นนำไปใช้ พบว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้วิธีนี้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มากกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558, น. 88) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้การเรียนรู้วิธีดังกล่าว เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น ซึ่งการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผลการเรียนรู้ โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่ใช้แทรกในขั้นขยายความรู้ พบว่าเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าวข้างต้นมีผลคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75

โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (Heller & Heller, 2010, p. 40) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem) เป็นขั้นทำความเข้าใจวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ข้อมูลที่โจทย์ให้มาและข้อมูลที่โจทย์ให้หา

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics) สร้างแผนภาพจากข้อมูลที่โจทย์ให้มา เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ และเขียนหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องที่จะต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มาเขียนสมการทั้งหมดที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา วางแผนการแก้สมการทางคณิตศาสตร์โดยเริ่มจาก แก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan) ดำเนินการแก้สมการตามแผนที่วางไว้เพื่อหาผลลัพธ์ของตัวแปรเป้าหมาย รวมทั้งตรวจสอบหน่วยไปพร้อมกัน

และขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบคำตอบ (Evaluate the answer) ตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบกับหน่วย ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำตอบ และสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหา

จากการศึกษาพบว่าวิธีการเรียนรู้แบบนี้สามารถช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มากขึ้น เนื่องจากกลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวได้ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้ หลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ รวมทั้งให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และจากผลการวิจัยพบว่า กลวิธีแก้ปัญหานี้มีจุดเด่นคือ เป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นหลักการทางฟิสิกส์ เน้นการตรวจสอบหน่วยและเวกเตอร์แสดงทิศทางสำหรับการเขียนภาพ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถจัดระบบความคิดสามารถแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ได้อย่างเป็นขั้นตอน อย่างไรก็ตามกลวิธีแก้ปัญหาข้างต้นนี้เหมาะสำหรับนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานเดิมดีในระดับหนึ่งส่วนนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานไม่ดีมากพอ อาจใช้กลวิธีแก้ปัญหานี้ได้ไม่ดีเท่าที่ควร อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, น. 66) และ เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558, น.93) จึงเสนอว่า ควรมีการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าวเพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนและเป็นการช่วยการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.4.2 การส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือ

จากการศึกษาพบว่าอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ได้แก่ การเรียนรู้แบบร่วมมือ เช่น การ

เรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (Student Teams Achievement Divisions หรือ STAD) และการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคล (Team Assisted Individualization หรือ TAI) ดังนี้

1) การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์เป็นการจัดกลุ่มสมาชิกกลุ่มละประมาณ 4 – 5 คน แบบคละความสามารถทางการเรียน สามารถนำไปใช้ได้กับทุกวิชา ไม่ว่าจะเป็นคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ และใช้ได้กับนักเรียนตั้งแต่เกรด 2 จนถึงอุดมศึกษา (Slavin, 1995, p. 319) ดังเช่น Zukarnain (2015) ได้ทำการวิจัยเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ต่อความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่าการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ และ Alman (2017) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้แบบแบบดังกล่าวต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากโรงเรียน SD Negeri Serayu พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่ามีผู้วิจัยหลายท่านได้ใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาแบบต่าง ๆ ในการส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดังนี้

1.1) การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา

จากการศึกษา พบว่ามีผู้วิจัยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เช่น งานวิจัยของ จักรพงษ์ ธุระทำ (2558, น. 149) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบดังกล่าวซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นเสนอความรู้ 2. ขั้นเข้ากลุ่มฝึกทักษะ 3. ขั้นนำเสนองาน 4. สรุป 5. ขั้นทดสอบย่อย และ 6. ขั้นยกย่องชมเชย ผลวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ประกอบแบบฝึกทักษะ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสิริกร กลยนีย์

(2556, น. 201) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิจัย โดยใช้การเรียนรู้แบบดังกล่าว ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2. ขั้นนำเสนอบทเรียนต่อทั้งชั้น 3. ขั้นเรียนกลุ่มย่อย 4. ขั้นทดสอบกลุ่มย่อย 5. ขั้นการคิดคะแนนในการพัฒนาตนเอง และ 6. ขั้นรับรองผลงานและเผยแพร่ชื่อเสียงของทีม ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

1.2) การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบ KWDL

จากการศึกษาเทคนิคการสอนแบบ KWDL ย่อมาจาก K: นักเรียนรู้อะไร (what we know) W: สิ่งที่นักเรียนต้องการรู้ (what we want to know) D: นักเรียนจะต้องทำอะไร (what we do) L: นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ (what we learned) (แววริมล ด้วงทอง 2559, น. 18) มีผู้วิจัยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับเทคนิคการสอนแบบ KWDL เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เช่น งานวิจัยของจันจิรา หมุดหวัน (2552, น. 128) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ ร่วมกับเทคนิคการสอนแบบ KWDL ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นนำเสนอบทเรียนต่อทั้งชั้นเรียน 2. ขั้นจัดกลุ่ม 3. ขั้นการทดสอบย่อย 4. ขั้นการคิดคะแนนพัฒนาตนเองและของกลุ่ม และ 5. ขั้นยกย่องกลุ่มที่ประสบความสำเร็จ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบดังกล่าว มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ แววริมล ด้วงทอง (2559, น. 54) ได้ทำการศึกษาเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้การเรียนรู้แบบดังกล่าวเช่นกัน ซึ่งสังเคราะห์แล้วมีกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2. ขั้นสอนเนื้อหาใหม่ 3. ขั้นฝึกทักษะ 4. ขั้นนำเสนอผลงาน และ 5. ขั้นสรุป ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

1.3) การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรม พบว่ามีผู้วิจัยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน เพื่อส่งเสริม

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เช่น งานวิจัยของภาวิณี คำชารี (2550, น. 112) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน ประกอบด้วย ขั้นตอน คือ 1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2. ขั้นนำเสนอบทเรียนต่อทั้งชั้น 3. ขั้นเรียนกลุ่มย่อย 4. ขั้นทดสอบกลุ่มย่อย 5. ขั้นการคิดเป็นคะแนนในการพัฒนาตนเอง และ 6. ขั้นรับรองผลงานและเผยแพร่ชื่อเสียงของทีม ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ บุญใจ ชะเอม (2551, น. 67) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นนำ 2. ขั้นเสนอความรู้ใหม่ 3. ขั้นเรียนรู้จากกระบวนการกลุ่ม 4. ขั้นวิเคราะห์กระบวนการกลุ่ม 5. ขั้นตรวจสอบความเข้าใจ 6. ขั้นสรุป และ 7. ขั้นประเมิน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการเรียนรู้แบบดังกล่าว หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

จากการศึกษาการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า การเรียนรู้ดังกล่าวช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนได้ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ช่วยเหลือกันในขณะเรียน ได้ซักถามปัญหากันอย่างอิสระ นักเรียนกลุ่มเก่งสามารถอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจแนวคิดและมโนมติได้กระจ่างขึ้น (อัญชนา แข่งขัน, 2558, น. 48) นอกจากนี้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ยังส่งเสริมให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างกันได้เรียนรู้ร่วมกัน ได้ผลัดเปลี่ยนกันเป็นผู้นำ นักเรียนยังได้เรียนรู้ทักษะทางสังคม ได้แลกเปลี่ยนและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น (แววิมล ด้วงทอง, 2559, น. 27; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545, น. 75) ทั้งนี้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์มีข้อจำกัดคือถ้านักเรียนขาดความเอาใจใส่และความรับผิดชอบจะส่งผลให้งานของกลุ่มและการจัดการเรียนรู้ไม่บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545, น. 75)

2) การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคล (TAI) ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

จากการศึกษา พบว่ามีผู้วิจัยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคล เช่น งานวิจัยของ พิมพ์พร อสัมภินพงศ์ (2550, น. 45) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผล

การเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ซึ่งการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคลประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2. ขั้นสอน 3. ขั้นฝึกทักษะ 4. ขั้นทดสอบ และ 5. ขั้นประเมินผล พบว่านักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการและตัวประกอบของจำนวนนับสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพ์สรณ์ ตุกเตียน (2552, น. 94) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคลร่วมกับวิธีการสอนแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ขั้นเตรียม 2. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 3. ขั้นจัดการเรียนรู้โดยแทรกวิธีการสอนแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา และ 4. ขั้นสรุป ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการเรียนรู้ดังกล่าวหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จากการศึกษาการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคล พบว่า นักเรียนสามารถซักถามเพื่อน เห็นถึงข้อดีของเพื่อนและข้อที่ตนเองควรปรับปรุงในการทำงานร่วมกับผู้อื่น (พิมพ์พร อสัมภินพงศ์, 2550, น. 47) ซึ่งในกระบวนการจัดการเรียนรู้วิธีให้นักเรียนในกลุ่มทำการศึกษาและเรียนรู้ร่วมกัน ช่วยกันดำเนินการเรียนและมีการตรวจสอบร่วมกัน มีการช่วยเหลือกันเพื่อบรรลุเป้าหมายของการเรียน ครูผู้สอนให้ความอิสระแก่นักเรียนในการที่จะหาความรู้จากกลุ่มเพื่อน กำหนดให้ผู้เรียนมีความสามารถแตกต่างกันมาทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ โดยปกติจะมี 4 คน เก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน (Slavin, 1995 : 83)

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือมีข้อดีคือ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ช่วยเหลือกัน มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนภายในกลุ่ม นักเรียนที่เก่งช่วยเหลือนักเรียนที่อ่อนกว่า เกิดทักษะทางสังคม ช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจสูงขึ้นและตระหนักในคุณค่าของตนเอง (มงคล วิลามาศ, 2551, น. 141) ซึ่งการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีผู้วิจัยนำมาใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ คือ การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD)

จากการศึกษางานวิจัยสรุปได้ว่ามีการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้แก่ การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผนวกกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาแบบต่าง ๆ เช่น วิธีการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิค วิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เป็นต้น และการเรียนรู้แบบร่วมมือซึ่งมีทั้งการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ผนวกกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาแบบต่าง ๆ เช่น วิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เทคนิคการสอนแบบ KWDL ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน เป็นต้น และการ

เรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคล (TAI) ทั้งนี้การเรียนรู้แต่ละแบบมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) มาใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน เนื่องจากเป็นวิธีที่เน้นให้นักเรียนได้ช่วยเหลือกันในขณะเรียน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซักถามปัญหากันอย่างอิสระ นักเรียนที่เก่งสามารถอธิบายและช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนอ่อน และเน้นคะแนนพัฒนาการของผู้เรียนจากการทดสอบย่อยแต่ละครั้ง ทำให้ช่วยกระตุ้นนักเรียนให้มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น

1.5 การวัดและการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดและการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ มีดังนี้

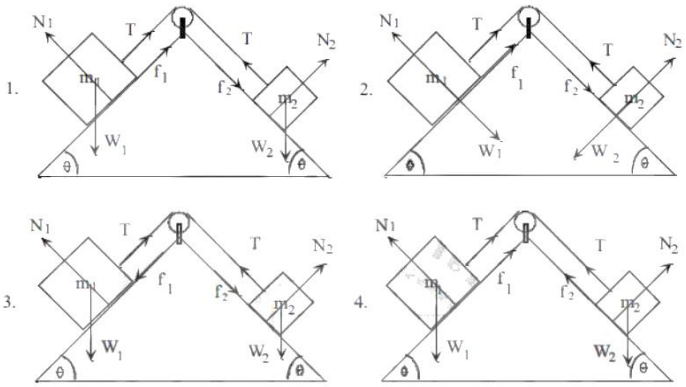
1.5.1 แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ

แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ สามารถใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ดังงานวิจัยของ เกริกศักดิ์สุภาพ (2556, น. 219) ที่ได้ออกแบบเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยวัดจากคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถดังกล่าว โดยเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งประกอบด้วยโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำนวน 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 3 ข้อ ประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ วิเคราะห์และวางแผน ปฏิบัติการแก้ปัญหา และตรวจสอบคำตอบ ทั้งหมดรวม 15 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที ดังตัวอย่างแบบทดสอบดังนี้

ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1

ระนาบเอียงสองระนาบรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว บนระนาบแต่ละด้านมีวัตถุมวล m_1 และ m_2วางอยู่ (m_1 มากกว่า m_2) โดยวัตถุทั้งสองผูกด้วยเชือกที่คล้องผ่านรอกซึ่งติดอยู่ที่ติดจุดบรรจบกันของระนาบ ถ้าระนาบเอียงทั้งสองมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ μ

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว แผนในข้อใดเขียนองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองได้ถูกต้อง (วิเคราะห์และวางแผน)



เฉลยข้อ 1

2. จงหาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน μ ที่ทำให้วัตถุทั้งสองมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (ปฏิบัติการแก้ปัญหา)

1. $\left(\frac{m_1}{m_2}\right)\sin\theta$
2. $\tan\theta$
3. $\left(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\right)\tan\theta$
4. $\left(\frac{m_1+m_2}{m_1-m_2}\right)\sin\theta$

เฉลย ข้อ 3

3. สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานที่ได้จากข้อที่ 2 นักเรียนคิดว่าคำตอบที่ได้มีความถูกต้อง เหมาะสมเพราะเหตุใด (ตรวจสอบคำตอบ)

1. μ อยู่ในเทอม m_1 ,m_2 ,$\sin\theta$
2. μ อยู่ในเทอม m_1 ,m_2 ,$\tan\theta$
3. μ มีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมุมของพื้นเอียง
4. μ มีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลทั้งสอง

เฉลย ข้อ 2

ตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์แบบปรนัย
เรื่องสมดุลกล งานและพลังงาน (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 219)

นอกจากนี้ นฤมล ฉิมงาม (2558, น. 108) ได้ทำการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ซึ่งวัดจากคะแนนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการตอบแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามเทคนิคของโพลยา 4 ขั้นตอน คือ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้โจทย์ปัญหา ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา และตรวจสอบคำตอบ โดยใช้แบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ดังแบบทดสอบตัวอย่าง ดังนี้

6. ลูกกระสุนปืนยิงทะลุผ่านก้อนน้ำแข็งในเวลา 0.6 วินาที พบว่ามีน้ำแข็ง 0.1 กิโลกรัม เปลี่ยนสถานะเป็นน้ำ 0 °C ถ้าการละลายของน้ำแข็งเกิดจากการสูญเสียพลังงานของลูกปืนเพียงอย่างเดียว อยากทราบว่าลูกปืนสูญเสียพลังงานให้น้ำแข็งกี่กิโลจูลต่อวินาที (กำหนด ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวเท่ากับ 333 kJ/kg)

1. 33.3 2. 44.4 3. 55.5 4. 66.6

7. ในการทดลองการเปลี่ยนรูปพลังงานกลเป็นพลังงานความร้อน โดยใช้กระบอกยาว 0.8 เมตร บรรจุลูกกลมโลหะมีความร้อนจำเพาะ 500จูล/กิโลกรัม.เคลวิน มีมวล 100 กรัม ทำการทดลองพลิกกลับกระบอกขึ้นลงให้ลูกกลมหล่นในกระบอก จงหาว่าจะต้องกลับกระบอกกี่ครั้งจึงจะทำให้อุณหภูมิของลูกกลมโลหะเพิ่มขึ้น32 °C

1. 100 ครั้ง 2. 180 ครั้ง 3. 200 ครั้ง 4. 220 ครั้ง

ตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบปรนัย
เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (นฤมล ฉิมงาม, 2558, น. 108)

จากการศึกษาพบว่าแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีข้อดีคือ ใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียนได้หลายองค์ประกอบ เช่น แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ที่เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556, น. 219)สร้างขึ้นนั้นในแต่ละสถานการณ์อาจมีคำถามมากกว่าหนึ่งคำถามเพื่อวัดความสามารถย่อยในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละองค์ประกอบและเน้นรายละเอียดของปัญหาแต่ละสถานการณ์ได้แต่บางครั้งการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบอาจต้องมีจำนวนหลายข้อจึงจะครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัด

ทั้งหมด เช่น นฤมล ฉิมงาม (2558, น. 108) สร้างแบบวัดจำนวน 30 ข้อ เป็นต้น แต่แบบวัดลักษณะดังกล่าวไม่สามารถระบุรายเอียดได้ว่าต้องการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์องค์ประกอบใด นอกจากนี้ยังพบว่าแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์แบบปรนัยมีข้อจำกัดคือ ผู้เรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาในข้อนั้น ๆ ได้ แต่เกิดจากการเดาคำตอบ จึงไม่สามารถวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

1.5.2 แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัย

จากการศึกษางานวิจัยและทบทวนวรรณกรรม พบว่า มีนักการศึกษาและนักวิจัยหลาย ๆ ท่านได้ใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยแตกต่างกันออกไป ดังนี้

1) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของครูลิคและรุทนิค

กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิค ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา การคิดให้เหตุผล การเชื่อมโยงสถานการณ์ ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน (Krulik&Rudnick, 1995, p. 5) จากการศึกษา พบว่า มีงานวิจัยที่ใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน เช่น งานวิจัยของ Carson (2007) ได้นำกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคทั้ง 5 ขั้นตอนมาช่วยพัฒนานักเรียนในการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหา และ เจนศึก โพธิศาสตร์ (2546, น. 77) ได้ใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 7 ข้อโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิค เพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ (เจนศึก โพธิศาสตร์, 2546, น. 23) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นอ่านและคิด วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถในการระบุตัวแปรจากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ และความสามารถในการระบุตัวแปรที่โจทย์ให้หา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถในการระบุกฎ หลักการ หรือทฤษฎีในการแก้โจทย์ปัญหา ความสามารถในการระบุความเพียงพอของข้อมูลที่โจทย์ให้มาในการหาคำตอบ และความสามารถในการวาดรูปตารางหรือกราฟเพื่อช่วยในการหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถในการสร้าง Free body diagram ได้ถูกต้อง ความสามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กำหนด และได้มากจากขั้นที่สองและ Free body diagram ให้อยู่ในรูปของสมการได้ และความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องของสมการ

ขั้นที่ 4 ขั้นหาคำตอบ วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 1 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถในการแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถตรวจคำตอบโดยการแทนค่าคำตอบที่ได้ลงในสมการ และความสามารถในการอภิปรายวิธีการอื่นในการหาคำตอบภายในกลุ่มได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. จงหางานในการเคลื่อนที่ของกล่องมวล 10 กิโลกรัมเป็นระยะทาง 10 เมตร ด้วยแรงที่มีขนาด 100 นิวตัน

ขั้นที่ 1 ขั้นอ่านและคิด (Read and think)

1.1 จากสถานการณ์ข้างต้น สามารถระบุตัวแปรใดได้บ้าง และสามารถเขียนสัญลักษณ์แทนตัวแปรเหล่านั้นอย่างไร

.....

1.2 จากข้อที่ 1.1 ตัวแปรใดที่โจทย์ต้องการทราบ

.....

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore)

2.1 จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่า ควรใช้หลักการ กฎ หรือ สูตรใดอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้เพื่อหาคำตอบ

.....

2.2 จากข้อที่ 2.1 นักเรียนคิดว่า ตัวแปรที่โจทย์ให้มาเพียงพอหรือไม่ในการหาคำตอบ ถ้าไม่เพียงพอ นักเรียนต้องการตัวแปรใดเพิ่ม

.....

2.3 จากสถานการณ์นักเรียนสามารถวาดรูป ตาราง กราฟ หรือโมเดล ของสถานการณ์ได้หรือไม่ โดยระบุตัวแปรในรูปด้วย

.....

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา(Read the problem)

3.1 จงสร้าง Free Body Diagram ของสถานการณ์นี้

.....

3.2 จากสถานการณ์ นักเรียนจะแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ ให้อยู่ในรูปของสมการได้อย่างไร

.....

3.3 จากข้อที่ 3.2 มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า.....ตัว ได้แก่.....

ขั้นที่ 4 ขั้นหาคำตอบ (Find an answer)

จงแสดงวิธีหาคำตอบ

.....

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนกลับและขยายผล (Reflect and extend)

5.1 จากคำตอบที่ได้ ถ้ากำหนดตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเป็นค่าของจำนวนจริง นักเรียนสามารถหาคำตอบที่แท้จริงได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้เพราะเหตุใด

.....

5.2 จะมีวิธีการใดในการแก้โจทย์ปัญหาอีกหรือไม่ อย่างไร

.....

ตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิค เรื่อง งานและพลังงาน (เจนศึก โพธิศาสตร์, 2546, น. 77)

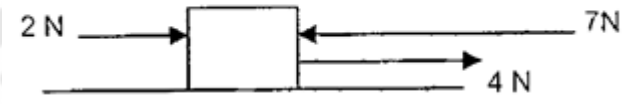
2) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา

จากการศึกษา พบว่า มีงานวิจัยที่นำวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยามาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ได้แก่ อรพินท์ ชื่นชอบ (2549,

น. 157) ใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามเทคนิคของโพลยาแบบอัตนัย เพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ โดยลักษณะแบบทดสอบจะมีการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้นักเรียนดำเนินการคิดแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน จำนวน 10 สถานการณ์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

สถานการณ์ที่ 1 มีแรง 3 แรงกระทำต่อวัตถุ ดังรูป



แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ (ซึ่งเดิมหยุดนิ่ง) มีค่าเท่าใดและมีทิศไปทางใดและถ้าต้องการให้วัตถุหยุดนิ่ง จะต้องทำอย่างไร

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem)

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

ขั้นที่ 2 **วางแผนแก้ปัญหา**(Devising a plan)

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

ขั้นที่ 3 **ดำเนินการแก้ปัญหา**(Carrying out the plan)

นักเรียนแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 2

.....

ขั้นที่ 4 **ตรวจสอบคำตอบ** (Looking back)

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

ตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามเทคนิคของโพลยา เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ (อรพินท์ ชื่นชอบ 2549, น. 157)

แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัย ตามเทคนิคของโพลยา เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ มีเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็น 2, 1 และ 0 คะแนน ดังตาราง 2

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตาม เทคนิคของโพลยา เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่

ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	**คะแนน**	**พฤติกรรมของนักเรียน**
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา	2 คะแนน	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบถูกต้องครบถ้วน
	1 คะแนน	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้ถูกต้องครบถ้วน แต่เขียนสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องครบถ้วน หรือเขียนสิ่งที่ต้องการทราบครบถ้วนแต่เขียนสิ่งที่กำหนดให้ไม่ถูกต้องครบถ้วน
	0 คะแนน	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา	2 คะแนน	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์
	1 คะแนน	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
	0 คะแนน	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา	2 คะแนน	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ถูกต้อง
	1 คะแนน	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่คำตอบผิดหรือไม่แสดงวิธีการแก้ปัญหา ได้เฉพาะคำตอบ

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนน	พฤติกรรมของนักเรียน
	0 คะแนน	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบไม่ถูกต้อง
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ	2 คะแนน	เมื่อเขียนวิธีการตรวจคำตอบได้สมบูรณ์ชัดเจน
	1 คะแนน	เมื่อเขียนวิธีการตรวจคำตอบได้แต่ไม่สมบูรณ์
	0 คะแนน	เมื่อไม่เขียนวิธีการตรวจคำตอบ

อาซิ ดราแม (2558, น. 135) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน เพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องไฟฟ้าสถิต จำนวน 10 ข้อ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. ประจุหนึ่งมีปริมาณเป็น 2 เท่าของอีกประจุหนึ่งวางห่างกัน 10 เซนติเมตร เกิดแรงต่างร่วม 180 นิวตัน ประจุอันน้อยกว่ามีปริมาณเท่ากับกี่คูลอมบ์

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

.....

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้โจทย์ปัญหา

.....

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน

.....

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลลัพธ์

.....

ตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เรื่องไฟฟ้าสถิต (อาซิ ดราแม, 2558, น. 135)

มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เรื่องไฟฟ้าสถิต แตกต่างจากเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตาม เทคนิคของโพลยา เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ข้างต้น โดยเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็น 1, 0.5 และ 0 คะแนน ดังตาราง 3

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เรื่องไฟฟ้าสถิต

ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	**คะแนน**	**พฤติกรรมของนักเรียน**
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	1 คะแนน	เมื่อกำหนดตัวแปรและตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน
	0.5 คะแนน	เมื่อกำหนดตัวแปรและตอบคำถามได้ถูกต้องบางตัว
	0 คะแนน	เมื่อไม่สามารถกำหนดตัวแปรได้
ขั้นที่ 2 วางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา	1 คะแนน	เมื่อเลือกสมการได้ถูกต้อง
	0 คะแนน	เมื่อเลือกสมการไม่ถูกต้อง
ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน	1 คะแนน	เมื่อดำเนินการได้ถูกต้องตามขั้นตอน และคำตอบถูก
	0.5 คะแนน	เมื่อดำเนินการได้ถูกต้องตามขั้นตอน แต่คำตอบผิด
	0 คะแนน	เมื่อดำเนินการไม่ถูกต้องตามขั้นตอน
ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์	1 คะแนน	เมื่อตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง
	0 คะแนน	เมื่อตรวจสอบคำตอบไม่ได้

3) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัย โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

จากการศึกษา พบว่า มีงานวิจัยที่วัดและประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของผู้เรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยโดยใช้กลวิธีนี้ เช่น อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, น. 76) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ตามแนวกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ จำนวน 10 ข้อ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. ลิฟต์และน้ำหนักบรรทุกมีมวลรวมกันเป็น 800 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที ถ้าต้องการทำให้ลิฟท์หยุดภายในระยะทาง 15 เมตรด้วยความเร่งคงที่ จงหาว่าความตึงในสายเคเบิลมีค่าเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem)

1.1 จากสถานการณ์ข้างต้นให้เขียนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาอย่างคร่าวๆ

.....

1.2 โจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด

.....

1.3 เขียนความสัมพันธ์ของหลักการทางฟิสิกส์ทั้งหมดของสถานการณ์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

.....

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)

2.1 สร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่างๆ ที่โจทย์กำหนดมาให้สมบูรณ์

.....

2.2 ระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด

.....

2.3 เขียนสูตรในการหาคำตอบพร้อมทั้งระบุหลักการที่นำมาใช้

.....

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)

3.1 เขียนสมการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรไม่ทราบค่าพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่านั้นให้ชัดเจน

……

3.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาว่ามีตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากี่ตัวและสมการที่นำมาใช้มีกี่สมการอะไรบ้าง

……

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan)

4.1 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปร

……

4.2 คำนวณค่าของตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบพร้อมกับตรวจสอบหน่วย

……

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)

5.1 คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ เช่น อยู่ในหน่วยของตัวแปรที่โจทย์ถามหรือไม่ ทิศทางและตำแหน่งของวัตถุถูกต้องหรือไม่โดยสังเกตจากเครื่องหมายที่คำนวณได้

……

5.2 คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่

……

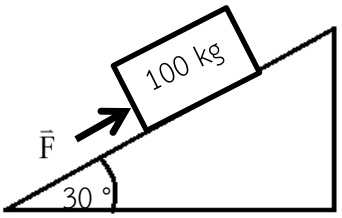
5.3 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ อย่างไร

……

ตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามแนวกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ (อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, น. 76)

เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558, น. 166) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น จำนวน 5 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วยคำถามย่อย ๆ ตามกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. กล่องมีมวล 100kg วางอยู่บนพื้นเอียงทำมุม 30 ° กับแนวระดับ ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ระหว่างกล่องและพื้นเอียงมีค่า 0.5 ต้องออกแรง $\vec{F}$ ดังรูป มีขนาดของแรงในแนวพื้นเอียงอย่างน้อยที่สุดเท่าไหร่ จึงจะทำให้กล่องไถลลงด้วยความเร็วคงที่



ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา (Focus the problem)

1. ความต้องการของโจทย์และข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้

.....

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)

2. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

.....

3. ทฤษฎี/สูตรที่ใช้สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา

.....

4. สร้างแผนภาพและเขียนปริมาณต่าง ๆ

.....

ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา(Plan the solution)

5. เขียนรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตัวแปรต่าง ๆ

.....

ขั้นที่ 4 ดำเนินตามแผนที่วางไว้(Execute the plan)

6. แสดงวิธีการหาคำตอบ

.....

7. คำตอบที่โจทย์ต้องการ

.....

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลลัพธ์(Evaluate the answer)

8) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

.....

ตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัย ตามแนวกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น

(เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 166)

เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามแนวกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น มีเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็น 2, 1 และ 0 คะแนน ดังตาราง 4

ตาราง 4 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามแนวกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น

ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	**คะแนน**	**พฤติกรรมของนักเรียน**
ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา (Focus the problem)	2 คะแนน	เมื่อสามารถระบุความต้องการของโจทย์และปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมาได้อย่างถูกต้อง
	1 คะแนน	เมื่อสามารถระบุความต้องการของโจทย์ หรือปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมาให้ได้อย่างถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง
	0 คะแนน	เมื่อไม่สามารถระบุสิ่งใดได้เลย
ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)	2 คะแนน	เมื่อสามารถระบุหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลของโจทย์ สามารถเขียนแผนภาพแบบจำลองของแรงที่กระทำต่อระบบ และสามารถระบุปริมาณต่าง ๆ จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดได้อย่างถูกต้อง
	1 คะแนน	เมื่อสามารถระบุหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลของโจทย์ หรือสามารถเขียนแผนภาพแบบจำลองของแรงที่กระทำต่อระบบ หรือสามารถระบุปริมาณต่าง ๆ จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดได้อย่างใดอย่างหนึ่ง
	0 คะแนน	เมื่อไม่สามารถระบุหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลของโจทย์ สามารถเขียนแผนภาพแบบจำลองของแรงที่กระทำต่อระบบ และสามารถระบุปริมาณต่าง ๆ จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดได้อย่างถูกต้อง

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนน	พฤติกรรมของนักเรียน
ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)	2 คะแนน	เมื่อสามารถระบุสูตร สมการ ตามจำนวนที่ต้องใช้แก้ปัญหาตามข้อมูลโจทย์ได้ถูกต้องครบทุกสูตรสมการ
	1 คะแนน	เมื่อสามารถระบุสูตร สมการ ตามจำนวนที่ต้องใช้แก้ปัญหาตามข้อมูลโจทย์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
	0 คะแนน	เมื่อไม่สามารถระบุสูตร สมการ ตามจำนวนที่ต้องใช้แก้ปัญหาตามข้อมูลโจทย์ได้
ขั้นที่ 4 ดำเนินตามแผนที่วางไว้(Execute the plan)	2 คะแนน	เมื่อแสดงวิธีการหาปริมาณที่ต้องการทราบจากการแก้ปัญหาจากสูตร สมการได้อย่างถูกต้อง สามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขและหน่วยของตัวแปรในสูตรสมการได้ถูกต้อง สามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้องทั้งปริมาณตัวเลขและหน่วย
	1 คะแนน	เมื่อแสดงวิธีการหาปริมาณที่ต้องการทราบจากการแก้ปัญหาจากสูตร สมการได้อย่างถูกต้อง หรือสามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขและหน่วยของตัวแปรในสูตรสมการได้ถูกต้อง หรือสามารถคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้องทั้งปริมาณตัวเลขและหน่วยอย่างใดอย่างหนึ่ง
	0 คะแนน	เมื่อไม่แสดงผลใด ๆ เลย
ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the answer)	2 คะแนน	เมื่อสามารถเขียนสูตร สมการเพื่อการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้องสามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขของตัวแปรในสูตรสมการได้ถูกต้อง ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของสมการมีค่าเท่ากัน
	1 คะแนน	เมื่อสามารถเขียนสูตร สมการเพื่อการตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง หรือสามารถแทนค่าปริมาณตัวเลขของตัวแปรในในสูตรสมการได้ถูกต้อง ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของสมการ หรือสามารถคำนวณหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของสมการมีค่าเท่ากันเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง
	0 คะแนน	เมื่อไม่สามารถแสดงผลการตรวจสอบได้

จากการศึกษาพบว่า แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยมีจุดเด่นคือ ผู้สอนได้เห็นถึงกระบวนการคิดของนักเรียน สามารถวิเคราะห์ได้ว่าขั้นตอนใดที่ผู้เรียนยังบกพร่องและต้องได้รับการแก้ไข จึงมีความเหมาะสมในการนำมาวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน แต่จากการศึกษาแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยข้างต้น พบว่าบางรูปแบบยังมีข้อจำกัด เช่น แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยตามวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เนื่องจากวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ บางครั้งเมื่อนำมาใช้กับโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่จำเป็นต้องใส่รายละเอียดของข้อมูลลงในภาพที่แสดงสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาซึ่งวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยายังไม่เน้นในส่วนนี้ ส่วนแบบวัดการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิคไม่ได้เน้นในการตรวจสอบหน่วยซึ่งมีความสำคัญในวิชาฟิสิกส์ และนอกจากนี้ยังพบว่าเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยของผู้วิจัยหลายท่านมีลักษณะคล้ายกัน คือ วัดตามขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยให้คะแนนตามพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้าสถิต ซึ่งดำเนินการแก้ปัญหาด้วยการแสดงวิธีคิดจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยวัดความถูกต้องขององค์ประกอบ 5 ด้าน คือ 1. ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา 2. ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ 3. ความสามารถในการวางแผน 4. ความสามารถในการหาคำตอบ และ 5. ความสามารถในการประเมินคำตอบ ซึ่งกำหนดเกณฑ์ (Scoring rubrics) โดยเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็น 2, 1 และ 0 คะแนน โดยพฤติกรรมของนักเรียนสอดคล้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ดังตาราง 5 ดังนี้

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

องค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	**คะแนน**	**พฤติกรรมของนักเรียน**
1. ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	2 คะแนน	เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้องสมบูรณ์
	1 คะแนน	เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
	0 คะแนน	เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
2. ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์	2 คะแนน	เขียนแผนภาพวัตถุอิสระ(Free body diagram)จากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด และเขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์
	1 คะแนน	เขียนแผนภาพวัตถุอิสระ(Free body diagram)จากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด และเขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
	0 คะแนน	เขียนแผนภาพวัตถุอิสระ(Free body diagram)จากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด และเขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
3. ความสามารถในการวางแผน	2 คะแนน	เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบถูกต้องสมบูรณ์

ตาราง 5 (ต่อ)

องค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนน	พฤติกรรมของนักเรียน
	1 คะแนน	เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
	0 คะแนน	เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ไม่ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
4. ความสามารถในการหาคำตอบ	2 คะแนน	แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องสมบูรณ์
	1 คะแนน	แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
	0 คะแนน	แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ	2 คะแนน	ตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบที่ถูกต้องได้ถูกต้องสมบูรณ์
	1 คะแนน	ตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบที่ถูกต้องได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
	0 คะแนน	ตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบที่ถูกต้องไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีความสอดคล้องกับกลวิธีแก้ปัญหานี้ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวในการวัดความสามารถใน

การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน เนื่องจากกลวิธีแก้ปัญหานี้เป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นหลักการทางฟิสิกส์ เน้นการตรวจสอบหน่วยและเวกเตอร์แสดงทิศทางสำหรับการเขียนภาพ และมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ จึงเป็นแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมกับการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในวิจัยครั้งนี้

จากการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยสามารถกำหนดนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ทักษะพื้นฐานของนักเรียนโดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ ระดับสติปัญญา แนวคิดและหลักการทางฟิสิกส์ มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างเป็นขั้นตอนจนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง ซึ่งพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

1) ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา หมายถึง นักเรียนเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้อง

2) ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ หมายถึง นักเรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ(Free body diagram)จากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง

3) ความสามารถในการวางแผน หมายถึง นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบ

4) ความสามารถในการหาคำตอบ หมายถึง นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เป็นไปตามลำดับขั้นตอนการแก้สมการพร้อมทั้งตรวจสอบหน่วยได้ถูกต้อง

5) ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ หมายถึง นักเรียนตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบได้ถูกต้อง

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สามารถวัดจากการเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนซึ่งได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นแบบวัดอัตนัยจำนวน 12 ข้อ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบในขั้นตอนที่ 3 ทดสอบย่อย (Quizzes) ของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิง

ตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งจะทำการวัดจำนวน 6 ครั้งตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ โดยภายในกลุ่มประกอบไปด้วยนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันมีโอกาสมาเรียนรู้และทำงานของกลุ่มร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน (Johnson & Johnson, 1994, p. 5; Kagan, 1994, p. 55; ชาติชาย โพยมเมฆา, 2549, น. 7; นภาพร ด่านแก้ว, 2559, น. 6; ประยูร ศรีผ่องใส, 2542, น. 12; มณทิพย์ เจริญรอด, 2542, น. 6; สุธรรม ชุมพร้อมญาติ, 2544, น. 4) ซึ่งนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงกว่าจะคอยช่วยเหลือเพื่อน ช่วยกันอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มทุกคนมีความรู้ (ฉัตรแก้ว กิตติคุณ, 2546, น. 4; อังสนา เข็มใคร, 2552, น. 8) โดย สมศักดิ์ ภู่วิภาวรรธน์ (2544, น. 3) ได้เสนอว่า การเรียนรู้แบบนี้เป็นการรวมกลุ่มอย่างมีโครงสร้างที่ชัดเจน สมาชิกทุกคนจะมีความสัมพันธ์ระหว่างกันในการเรียนรู้ โดยสมาชิกทุกคนจะเกิดแรงจูงใจเพื่อจะช่วยเหลือและเพิ่มพูนการเรียนรู้ของสมาชิกในกลุ่ม Slavin (1995) และ วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541, น. 34) เสนอเพิ่มเติมว่า นักเรียนจะบรรลุถึงเป้าหมายของการเรียนรู้ก็ต่อเมื่อสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มไปถึงเป้าหมายเช่นเดียวกันซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม ดังนั้นนักเรียนแต่ละคนต้องมีความรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเองและต้องมีการช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มด้วย เนื่องจากในการเรียนต้องอาศัยกระบวนการกลุ่มผลงานที่ออกมาเป็นคะแนนของทุกคนเท่า ๆ กัน ความสำเร็จของแต่ละบุคคลถือเป็นความสำเร็จของกลุ่มด้วย ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือประกอบไปด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เช่น Jigsaw, Teams – Games – Tournament หรือTGT, Student Teams Achievement Divisions หรือ STAD เป็นต้น(อังสนา เข็มใคร, 2552, น. 8; อัจฉรา ยังคง, 2547, น. 7)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ หมายถึง วิธีการเรียนรู้ที่มีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย ๆ นักเรียนที่เรียนเก่งได้ช่วยเหลือเพื่อน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ได้เรียนรู้และการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน มีความรับผิดชอบต่อการทำงานร่วมกัน เพื่อให้เกิดผลสำเร็จและบรรลุจุดมุ่งหมายกลุ่ม

2.2 หลักการและแนวคิดของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับหลักการและแนวคิดของการเรียนรู้แบบร่วมมือจอห์นสัน และ จอห์นสัน (Johnson & Johnson, 1994, p. 7) ได้เสนอหลักการของการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า สมาชิกในกลุ่มทุกคนต้องปฏิบัติตามหลักการพื้นฐาน 5 ประการดังต่อไปนี้

1. การพึ่งพากันทางบวก (Positive interdependence) คือ การที่นักเรียนรู้สึกว่าตนจำเป็นต้องพึ่งพาอาศัยผู้อื่นในการทำงานกลุ่มให้ประสบความสำเร็จ โดยมีจุดมุ่งหมายร่วมกัน มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ใช้เอกสารร่วมกันในการทำงานที่ได้รับมอบหมายหรือการมอบหมายหน้าที่ต่าง ๆ ของแต่ละคน มีการกำหนดบทบาทของนักเรียนแต่ละคนและแบ่งงานนักเรียนแต่ละคนในลักษณะที่ต่อเนื่องกัน ทั้งนี้สมาชิกในกลุ่มทุกคนต้องทำงานกลุ่มให้สำเร็จ โดยยอมรับความคิดเห็นหรือความสามารถของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม

2. การมีปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิด (Face to face promotive interaction) เป็นการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียนภายในกลุ่มที่จะต้องมีการพูดคุย อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน มีการอธิบายเนื้อหาบทเรียนที่เรียนมาให้แก่เพื่อนสมาชิกในกลุ่ม เป็นลักษณะสำคัญของการเรียนแบบร่วมมือ ดังนั้นนักเรียนจะต้องมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน โดยให้สมาชิกในกลุ่มมีการเสนอความคิดใหม่ ๆ เพื่อเลือกแนวทางที่ดีสิ่งที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุด เพื่อให้การเรียนรู้และการทำงานร่วมกันบรรลุเป้าหมาย

3. ความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคน (Individual accountability) การเรียนแบบร่วมมือนักเรียนต้องมีความรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเองและของสมาชิกแต่ละคนภายในโดยทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ ช่วยเหลือและกระตุ้นกันและกันให้ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างสมบูรณ์ ซึ่งการเรียนรู้ของกลุ่มจะไม่บรรลุผลสำเร็จ หากสมาชิกในกลุ่มเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนได้ไม่ครบทุกคน หรือได้รับการช่วยเหลือจากเพื่อนสมาชิกในกลุ่มอย่างไม่ทั่วถึง เพื่อให้แน่ใจว่าสมาชิกทุกคนในกลุ่มเกิดการเรียนรู้จึงมีการทดสอบรายบุคคล

4. ทักษะระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย (Interpersonal and small group skills) ภายในกลุ่มย่อยมีการฝึกฝนทักษะการทำงานร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เช่น ทักษะการสื่อสาร การเป็นผู้นำ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาความขัดแย้ง การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งการเรียนรู้แบบร่วมมือจะเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยเหลือนักเรียนในการเสริมสร้างทักษะดังกล่าว เพื่อให้สามารถทำงานร่วมผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. กระบวนการกลุ่ม (Group process) เป็นการทำงานที่มีขั้นตอนหรือวิธีการที่จะช่วยให้การทำงานของกลุ่มมีประสิทธิภาพ และสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ได้ ซึ่งสมาชิกในกลุ่มทุกคนต้องเข้าใจในเป้าหมายของกลุ่ม มีการแนวทางและดำเนินการตามแนวทางวางไว้ร่วมกัน และต้องประเมินผลงานและการทำงานของกลุ่ม จากนั้นสมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงความเห็นว่าควรปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงการทำงานร่วมกันอย่างไรเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ของกลุ่ม

Kagan (1994) ได้เสนอแนวคิดของการเรียนรู้แบบร่วมมือ ดังนี้

1. มีการทำงานเป็นกลุ่ม (Team) มีลักษณะเป็นกลุ่มขนาดเล็ก มีสมาชิกประมาณ 2 – 6 คน ให้โอกาสทุกคนมีการร่วมมือกัน โดยภายในกลุ่มสมาชิกมีความสามารถแตกต่างกัน

2. มีความตั้งใจ (Willing) ที่ร่วมมือกันในการเรียนรู้ และการทำงาน มีการช่วยเหลือและยอมรับความคิดเห็นกัน

3. มีการจัดการ (Management) เพื่อให้การเรียนรู้และการทำงานร่วมกันภายในกลุ่มเป็นไปด้วยดีและมีประสิทธิภาพในการทำงาน

4. มีทักษะ (Skills) เป็นทักษะทางสังคมรวมทั้งทักษะในการสื่อความหมาย การช่วยสอน และการลดปัญหาความขัดแย้งช่วยให้การทำงานบรรลุเป้าหมายและมีประสิทธิภาพ

5. มีหลักการพื้นฐานสำคัญ (Basic principle) ที่บ่งชี้ว่าเป็นการเรียนแบบร่วมมือ ประกอบด้วย 4 ประการ ดังนี้

5.1 การพึ่งพาอาศัยกันเชิงบวก (Positive interdependence) มีการช่วยเหลือกันเพื่อให้งานของกลุ่มเสร็จสิ้น เรียบร้อย และคิดว่าความสำเร็จของแต่ละคน คือความสำเร็จของกลุ่ม

5.2 ความรับผิดชอบรายบุคคล (Individual accountability) ทุกคนภายในกลุ่มมีหน้าที่รับผิดชอบในการเรียนรู้และการทำงานกลุ่ม แต่ละคนในกลุ่มจะต้องเกิดการเรียนรู้เหมือนกันจึงจะถือเป็นผลงานของกลุ่ม

5.3 ความเท่าเทียมกันในการมีส่วนร่วม (Equal participation) สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มมีส่วนร่วมในการทำงานเท่าเทียมกัน จากการกำหนดหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่ม

5.4 การมีปฏิสัมพันธ์ไปพร้อม ๆ กัน (Simultaneous interaction) สมาชิกแต่ละคนเกิดเรียนรู้ไปพร้อมกัน ผ่านการทำงาน คิด อ่าน ฟัง เป็นต้น

6. มีรูปแบบของการจัดกิจกรรม (Structures) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีรูปแบบที่ชัดเจนให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยเลือกรูปแบบที่ตรงกับเป้าหมายที่ต้องการ

นอกจากนี้ Slavin (1995) ได้สรุปวิธีของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ 4 วิธี ดังนี้

1. การเรียนรู้แบบร่วมมือที่รางวัลของกลุ่มขึ้นอยู่กับผลงานของกลุ่มแต่ไม่ขึ้นกับการเรียนรู้ของสมาชิกเป็นรายบุคคลและไม่มีงานพิเศษให้สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งกันทำ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ คือ การจัดการเรียนรู้แบบ Learning together หรือเทคนิคกลุ่มเรียนรู้ร่วมกัน เป็นการเรียนในลักษณะที่นักเรียนในกลุ่มมีจุดมุ่งหมายร่วมกัน ทุกคนช่วยกันทำงานเพื่อให้ได้ผลงานของกลุ่ม การจัดการเรียนรู้แบบนี้เหมาะสำหรับการเรียนประเภทโครงงานวิทยาศาสตร์

2. การเรียนรู้แบบร่วมมือที่รางวัลของกลุ่มไม่ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ของสมาชิกภายในกลุ่ม และมีงานพิเศษให้สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งกันทำ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบ Jigsawหรือเทคนิคปริศนาความคิดและ การจัดการเรียนรู้แบบ Group Investigation หรือเทคนิคการศึกษาแบบกลุ่มร่วมมือกันเรียนรู้ เป็นการเรียนที่มอบหมายงานให้สมาชิกทำคนละส่วน เพื่อนำมาเป็นผลงานของกลุ่ม ซึ่งจะตัดสินความสำเร็จจากผลงานของกลุ่ม การจัดการเรียนรู้แบบนี้เหมาะสำหรับการเรียนเนื้อหาที่สามารถแบ่งบทเรียนออกเป็นหัวข้อย่อย แล้วให้นักเรียนแต่ละคนรับผิดชอบของตนเอง

3. การเรียนรู้แบบร่วมมือที่รางวัลของกลุ่มขึ้นกับการเรียนรู้ของสมาชิกรายบุคคล มีงานพิเศษสำหรับสมาชิกแต่ละคน การจัดการเรียนรู้แบบนี้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบ Jigsaw II เป็นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นจากการเรียนรู้แบบ Jigsaw เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีส่วนช่วยกันพึ่งพากันในกลุ่มมากขึ้น โดยสมาชิกทุกคนศึกษาเรื่องที่เรียนทั้งหมดแบบกว้าง ๆ แล้วแต่ละคนจะมีหัวข้อพิเศษไปศึกษา เมื่อศึกษาแล้วนักเรียนที่มีหัวข้อพิเศษเดียวกันแต่ต่างกลุ่มจะมาร่วมกันอภิปรายในเรื่องนั้น ๆ แล้วกลับเข้ากลุ่มของตนเองเพื่อเสนอความรู้ที่ตนศึกษาให้กับสมาชิกในกลุ่มได้เรียนรู้และเตรียมตัวทดสอบต่อไป โดยผลการสอบของแต่ละคนจะเป็นคะแนนรายบุคคลและเป็นคะแนนของกลุ่มด้วย

4. การเรียนรู้แบบร่วมมือที่รางวัลของกลุ่มขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ของสมาชิกรายบุคคล ไม่มีงานพิเศษให้สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งกันทำ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบเป็นกลุ่ม (Student team learning) ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบนี้คือ

4.1 รางวัลของกลุ่ม (Team rewards) ที่ได้เมื่อกลุ่มทำคะแนนเฉลี่ยได้ถึงเกณฑ์ที่กำหนด

4.2 ความรับผิดชอบรายบุคคล (Individual accountability) คือ ความสำเร็จของกลุ่ม สมาชิกทุกคนต้องเข้าใจในเนื้อหาของงานเป็นอย่างดี ดังนั้น สมาชิกที่เข้าใจดีแล้วจะต้องอธิบายให้ทุกคนในกลุ่มเข้าใจด้วย เพราะเมื่อมีการทดสอบสมาชิกจะต้องทำด้วยตนเอง โดยไม่มีการช่วยเหลือกัน แต่จะนำผลคะแนนที่สมาชิกแต่ละคนทำได้มาเฉลี่ยเป็นคะแนนของกลุ่ม

4.3 โอกาสความสำเร็จที่เท่าเทียมกัน (Equal opportunities for success) คือ สมาชิกมีส่วนร่วมในกลุ่มมีโอกาสที่จะทำให้ดีที่สุด และประสบความสำเร็จอย่างเท่าเทียมกัน ซึ่งสมาชิกในกลุ่มจะต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และมีความรับผิดชอบร่วมกันของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม

โดยในการจัดการเรียนรู้แบบเป็นกลุ่ม (Student team learning) Slavin (1995) ได้แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (Student Teams – Achievement Divisions หรือ STAD) จัดกลุ่มสมาชิกประมาณกลุ่มละ 3 – 5 คน คละความสามารถและเพศ โดยครูนำเสนอเนื้อหาบทเรียนให้นักเรียนก่อนแล้วให้สมาชิกในกลุ่มทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย สมาชิกภายในกลุ่มช่วยเหลือกัน แล้วทดสอบเป็นรายบุคคลหลังจากนั้นนำคะแนนของทุกคนมารวมเป็นคะแนนของกลุ่ม ครูจัดลำดับคะแนนของกลุ่มประกาศให้ทุกคนทราบ

การเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ STAD สามารถนำไปใช้ได้กับทุกวิชาทั้งคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จนถึงระดับมหาวิทยาลัย เหมาะสำหรับวิชาที่มีจุดประสงค์ระบุไว้ชัดเจน เช่น การคำนวณและการประยุกต์ในวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เป็นต้น (Slavin, 1995, p. 319) วิธีการเรียนรู้แบบนี้มีจุดเด่นคือ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ช่วยเหลือกันในระหว่างการเรียนรู้ได้อย่างอิสระ นักเรียนที่เก่งสามารถอธิบายให้เพื่อนฟังทำให้เข้าใจบทเรียนยิ่งขึ้น ส่วนนักเรียนที่อ่อนกว่าจะได้รับการเอาใจใส่และมีความสนใจในบทเรียนมากขึ้นเมื่อได้รับการอธิบายจากเพื่อนแบบตัวต่อตัว และมีการนำคะแนนพัฒนาการของสมาชิกแต่ละคนมาตัดสินผลสำเร็จของกลุ่มโดยทำให้คะแนนสูงกว่าคะแนนฐานของตนเอง นักเรียนที่เรียนอ่อนมีโอกาสทำคะแนนให้กลุ่มได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้นักเรียนยังได้มีโอกาสเรียนรู้กระบวนการกลุ่ม รู้จักวางแผนการทำงาน ฝึกทักษะทางสังคม ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น รู้จักแบ่งปันและมีน้ำใจมากขึ้น แต่การเรียนรู้แบบนี้มีข้อจำกัด คือ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรม ครูผู้สอนต้องเตรียมความพร้อมของกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลา และนักเรียนที่เรียนเก่งอาจมีคะแนนฐานเดิมสูงทำให้มีโอกาสทำคะแนนความก้าวหน้าได้น้อยลงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายได้

รูปแบบที่ 2 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบเกมแข่งขัน (Team – Games – Tournaments หรือ TGT) จัดกลุ่มสมาชิกเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบ STAD แต่ไม่มีการสอบทุกสัปดาห์ แต่วัดผลงานของกลุ่มจากลำดับที่ได้จากเกมการแข่งขันระหว่างสมาชิกที่มีความสามารถใกล้เคียงกันของแต่ละกลุ่ม แล้วปรับลำดับที่ได้จากเกมการแข่งขันเป็นคะแนนที่ตั้งไว้ จากนั้นจึงนำคะแนนของสมาชิกทุกคนในกลุ่มมาเฉลี่ยเป็นคะแนนของกลุ่ม

การเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ TGT มีจุดเด่น คือเป็นวิธีการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนตื่นตัวอยู่ตลอดเวลาเป็นการสร้างบรรยากาศในห้องเรียน ให้เกิดสนุกสนานไม่น่าเบื่อ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียน มีความมั่นใจกล้าแสดงออก ผ่านการใช้เกมและการแข่งขันในการเรียนรู้ แต่การเรียนรู้แบบนี้มีข้อจำกัดคือ ขณะที่นักเรียนทำการแข่งขันนั้น นักเรียนจะส่งเสียงดังและทำให้เกิดความวุ่นวายได้ขึ้นภายในห้องเรียน ครูดูแลและควบคุมการดำเนินกิจกรรมเป็นอย่างดี

รูปแบบที่ 3 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคล (Team Assisted Individualization หรือ TAI) แบ่งสมาชิกกลุ่มประมาณละ 4 คน ที่มีการคละความสามารถทางการเรียน ใช้สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 โดยครูจะเรียกผู้เรียนที่มีความสามารถในระดับเดียวกันของทุกกลุ่มมาสอน ซึ่งระดับความยากง่ายแตกต่างกัน จากนั้นนักเรียนไปเข้ากลุ่มแล้วทำหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย โดยมีการช่วยเหลือกัน ช่วยกันตรวจคำตอบให้เพื่อภายในกลุ่ม ในการสอบทุกคนจะทำข้อสอบโดยไม่ช่วยเหลือกัน และมีการให้รางวัลกลุ่มที่ทำคะแนนได้ดีกว่าเดิม

การเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ TAI มีจุดเด่นคือ นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ตามความสามารถ นักเรียนที่เรียนเก่งสามารถทำกิจกรรมเสริมบทเรียนหรือกิจกรรมอื่นที่มีความท้าทายความสามารถมากขึ้น ส่วนนักเรียนที่เรียนอ่อนจะต้องฝึกทักษะเพิ่มเติมในส่วนที่ตนเองไม่เข้าใจและฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ การเรียนรู้แบบนี้มีข้อจำกัดคือ นักเรียนที่เรียนอ่อนจะมองเห็นความก้าวหน้าของเพื่อนในกลุ่มโดยที่ตนเองไม่สามารถทำได้ ทำให้เกิดเป็นความเบื่อหน่ายและการที่นำคะแนนของทุกคนมาเฉลี่ย ทำให้กลุ่มมีโอกาสประสบความสำเร็จน้อยลง เพราะนักเรียนที่เรียนอ่อนมักทำคะแนนได้ต่ำ ทำให้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มต่ำด้วย

รูปแบบที่ 4 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มร่วมเรียนอ่านและเขียน (Cooperative Integrated Reading and Composition หรือ CIRC) เหมาะสำหรับวิชาอ่าน เขียนและทักษะทางด้านภาษา สมาชิกในกลุ่มมีประมาณ 4 คน มีพื้นความรู้ในระดับเดียวกัน 2 คน อีก 2 คนแตกต่างกัน ผู้สอนจะเรียกนักเรียนที่มีระดับความรู้เดียวกันจากแต่ละกลุ่มมาสอน แล้วให้

กลับเข้ากลุ่ม แล้วเรียกนักเรียนที่เหลือของแต่ละกลุ่มมาสอน คะแนนของกลุ่มจะพิจารณาจากการคะแนนของสมาชิกภายในกลุ่มเป็นรายบุคคล

การเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ CIRC มีจุดเด่นคือ ช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการหาความหมายและฝึกอ่านร่วมกัน มีการช่วยเหลือกันและกันในการอ่านเรื่องและทำแบบฝึกหัดพร้อมทั้งช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างภาษา ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้น แต่มีข้อจำกัดคือการเรียนรู้แบบนี้เป็นการเรียนรู้ที่เน้นการอ่าน การเขียน และศิลปะทางภาษาในระดับชั้นประถมศึกษา

ดังนั้นสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นวิธีการเรียนรู้ที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย มีวิธีการจัดการเรียนรู้ 4 ลักษณะคือ การเรียนรู้แบบร่วมมือที่รางวัลของกลุ่มขึ้นอยู่กับผลงานของกลุ่ม แต่ไม่ขึ้นกับการเรียนรู้ของสมาชิกเป็นรายบุคคลและไม่มีงานพิเศษให้สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งกันทำ การเรียนรู้แบบร่วมมือที่รางวัลของกลุ่มไม่ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ของสมาชิกภายในกลุ่มและมีงานพิเศษให้สมาชิกภายในกลุ่มแบ่งกันทำ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่รางวัลของกลุ่มขึ้นกับการเรียนรู้ของสมาชิกรายบุคคล มีงานพิเศษสำหรับสมาชิกแต่ละคน และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่รางวัลของกลุ่มขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ของสมาชิกรายบุคคล ไม่มีงานพิเศษให้สมาชิกแบ่งกันทำ คือ การจัดการเรียนรู้แบบเป็นกลุ่ม (Student Team Learning) มีทั้งหมด 4 รูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) รูปแบบที่ 2 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบเกมแข่งขัน (TGT) รูปแบบที่ 3 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มช่วยเรียนรายบุคคล (TAI) และรูปแบบที่ 4 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบกลุ่มร่วมเรียนอ่านและเขียน (CIRC)

3. การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD)

3.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD)

คำว่า STAD ย่อมาจาก “Student Teams Achievement Divisions” เมื่อพิจารณาความหมายของ STAD แต่ละคำ (ฤชามน ชนาเมธดิศกร, 2559, น. 49) ได้ดังนี้

S	ย่อมาจากคำว่า	Student	หมายถึง	นักเรียน
T	ย่อมาจากคำว่า	Teams	หมายถึง	กลุ่ม
A	ย่อมาจากคำว่า	Achievement	หมายถึง	ความสำเร็จ
D	ย่อมาจากคำว่า	Divisions	หมายถึง	การแบ่งปัน

มีนักการศึกษาหลายท่านใช้คำว่า STAD แตกต่างกัน เช่น การเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้รูปแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ การเรียนรู้แบบ

ร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ ทั้งนี้นักการศึกษาหลายท่าน (Slavin, 1995, p. 319; จักรพงษ์ ธุระทำ, 2558, น. 74; ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2555, น. 197; ทิศนา แขมมณี, 2555, น. 266; วราภรณ์ พรายอินทร์, 2551, น. 69; วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์, 2553, น. 26; สิริพร ทิพย์คง, 2545, น. 154; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545, น. 170) กล่าวถึงความหมายของ การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ตรงกันว่า เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ (Cooperative learning) ที่มีการจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละประมาณ 4 – 5 คน โดยคละความสามารถทางการเรียนและเพศ ของนักเรียน แต่ละกลุ่มย่อยประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน ได้แก่ คนเก่ง 1 คน ปานกลาง 2 คนและอ่อน 1 คน เพื่อให้นักเรียนที่เรียนเก่งกว่าได้ช่วยเหลือเพื่อนที่เรียนอ่อนกว่าในการจัดการเรียนรู้ ครูจะเป็นผู้กำหนดบทเรียนและภาระงานของกลุ่มรวมทั้งเป็นผู้เสนอบทเรียนให้กับนักเรียนทั้งชั้น แล้วให้กลุ่มย่อยทำงานร่วมกันตามที่ครูกำหนดสมาชิกในกลุ่มทุกคนจะต้องมีการกำหนดเป้าหมายร่วมกัน ช่วยเหลือกันเพื่อผลสำเร็จของกลุ่ม แล้วทำการทดสอบความรู้โดยนักเรียนทุกคนต้องทำแบบทดสอบเป็นรายบุคคล และนำคิดคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มจากคะแนนของผู้เรียน นักเรียนที่เก่งจึงพยายามช่วยเหลือผู้เรียนที่อ่อนกว่าเพราะจะทำให้คะแนนทั้งกลุ่มดีขึ้นจึงเป็นการช่วยผู้เรียนที่เรียนปานกลางและอ่อนได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น นอกจากนี้ Slavin (1995) ยังกล่าวเพิ่มเติมว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ยังสามารถนำไปใช้ได้กับทุกวิชา เช่น คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เป็นต้น โดยเหมาะอย่างยิ่งกับวิชาที่มีการวางจุดประสงค์ไว้อย่างแน่ชัด มีคำตอบที่ตายตัว เช่น คณิตศาสตร์ วิชาคำนวณต่าง ๆ และยังใช้ได้กับผู้เรียนตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาที่ 2 จนถึงระดับอุดมศึกษา

ดังนั้นสรุปได้ว่าการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 4 – 5 คน โดยคละความสามารถทางการเรียนให้แต่ละกลุ่มมีนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน ซึ่งครูจะเป็นผู้กำหนดและเสนอบทเรียนให้แก่นักเรียน ได้เรียนรู้ร่วมกัน ช่วยเหลือกัน โดยคนเก่งได้ช่วยเพื่อนที่อ่อนกว่า เพื่อให้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้จากการทดสอบรายบุคคลของสมาชิกในกลุ่มบรรลุเป้าหมาย การเรียนรู้แบบนี้สามารถใช้กับวิชาคำนวณที่มีคำตอบตายตัว

3.2 ขั้นตอนของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD)

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ พบว่า Slavin (1995) ได้เสนอองค์ประกอบในการ

จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ในลักษณะของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

3.2.1 การนำเสนอบทเรียน (Class presentation) เป็นการแนะนำบทเรียนเบื้องต้นโดยครูเป็นผู้นำเสนอสิ่งที่นักเรียนต้องเรียนด้วยวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ได้แก่ การบรรยาย สาธิต อธิบายและแสดงเหตุผล ใช้คำถาม เป็นต้น กระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะต้องตั้งใจเรียนในระหว่างที่ครูนำเสนอเนื้อหาของบทเรียน เนื่องจากจะเป็นการช่วยให้นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบประจำเนื้อหาย่อยได้ดี และส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มด้วย

3.2.2 การทำงานเป็นทีม (Teams) ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย แต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียนประมาณ 4 คน ที่มีความสามารถทางการเรียนและเพศแตกต่างกัน โดยหลังจากที่ครูนำเสนอบทเรียนแล้ว แต่ละกลุ่มจะได้รับมอบหมายให้ทำกิจกรรมหรือได้เรียนรู้จากสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ สมาชิกในกลุ่มต้องช่วยกันอภิปรายปรึกษาหารือเกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ ในการทำกิจกรรม มีการเปรียบเทียบและตรวจทานคำตอบร่วมกัน และเมื่อแน่ใจว่านักเรียนทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจในบทเรียนแล้วก็จะได้รับการทดสอบประจำเนื้อหาย่อย โดยนักเรียนแต่ละคนต่างคนต่างทำ ไม่อนุญาตให้ปรึกษาหรือซักถามกัน

3.2.3 การทดสอบย่อย (Quizzes) หลังจากที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูก็ทำการทดสอบย่อยโดยให้นักเรียนต่างคนต่างทำแบบทดสอบ เพื่อเป็นการประเมินความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้มา วิธีการนี้จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง

3.2.4 คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล (Individual improvement score) คะแนนการพัฒนาของนักเรียนจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเอาใจใส่มากขึ้น ในการทดสอบแต่ละครั้งครูจะมีคะแนนฐาน (Base score) ซึ่งคะแนนการพัฒนาของนักเรียนแต่ละคนหาได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนฐานกับคะแนนที่นักเรียนสอบได้จากการเรียนรู้แบบร่วมมือ แบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ส่วนคะแนนของกลุ่ม (Team score) หาได้จากการหาคะแนนเฉลี่ยโดยการรวมคะแนนการพัฒนาของนักเรียนทุกคนในกลุ่มแล้วหารด้วยจำนวนสมาชิกในกลุ่มแต่ละคน

3.2.5 การรับรองผลงานของกลุ่ม (Team recognition) เป็นการประกาศคะแนนกลุ่มให้แต่ละกลุ่มทราบ พร้อมกับให้คำชมเชยหรือให้ประกาศนียบัตรหรือให้รางวัลกับกลุ่มที่มีคะแนนการพัฒนาของกลุ่มสูงสุด และครูควรชี้แจงกับนักเรียนว่าคะแนนการพัฒนาของนักเรียนแต่ละคนมีความสำคัญเท่าเทียมกันกับคะแนนที่นักเรียนแต่ละคนได้รับจากการทดสอบ

นอกจากนี้มีผู้วิจัยบางท่านเสนอ เช่น Warawudhi (2012), Sitorus & Gurning (2013), Ahmad (2015) ได้เสนอขั้นตอนได้เสนอขั้นตอนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ตามแนวทางขององค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ของ Slavin ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ การนำเสนอบทเรียน การทำงานเป็นทีม การทดสอบย่อย คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล และการรับรองผลงาน

และมีผู้วิจัยบางท่านได้เสนอขั้นตอนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์โดยการประยุกต์ใช้องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ของ Slavin ดังนี้

ปานจิต วัชระรังษี (2548, น. 151) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์แตกต่างจากของ Slavin โดยเพิ่มขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทุกคนทราบ รวมถึงเป้าหมายและกติกาของการทำงานกลุ่ม และแจ้งคะแนนฐานของนักเรียนแต่ละคนและบอกเกณฑ์ในการประสบความสำเร็จ

ขั้นที่ 2 เสนอบทเรียนทั้งชั้น ทบทวนครูทบทวนเนื้อหาเดิมที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว และเสนอเนื้อหาใหม่โดยการใช้คำถามกระตุ้นนักเรียน

ขั้นที่ 3 กิจกรรมกลุ่มย่อย ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและอภิปรายในกลุ่มย่อย แล้วให้ตัวแทนนักเรียนในแต่ละกลุ่มย่อยมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม จากนั้นจึงร่วมกันสรุปประเด็นให้ชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 4 ทดสอบย่อย ให้นักเรียนทำแบบทดสอบเป็นรายบุคคล นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับคะแนนฐานของแต่ละคน และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ คำนวณคะแนนการปรับปรุงของแต่ละคน รวมคะแนนการปรับปรุงของกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผลและการให้รางวัล นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน ประเมินผลการทำงานกลุ่มและสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ประเมินผลจากการทำแบบทดสอบย่อย และให้รางวัลกลุ่มที่ทำคะแนนได้ตามเกณฑ์

เบญจพร ปัณฑพลังกูร (2551, น. 71) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์แตกต่างจากของ Slavin โดยเพิ่มขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและปรับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบและทบทวนความรู้เดิม หรือสร้างความสนใจและความพร้อมของนักเรียนในการเรียนโดยใช้การสนทนาซักถามหรือสื่อรูปธรรมต่าง ๆ เช่น เกม วิดีโอ รูปภาพ เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรมการเรียนการสอน ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4 คนโดยใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วจัดนักเรียนตามระดับความสามารถสูง ปานกลาง และต่ำ คละกัน ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้สมาชิกในกลุ่มทำหน้าที่ต่างกัน ดังนี้

1. ผู้นำกลุ่ม ทำหน้าที่ควบคุมดูแลการทำงานให้ลุล่วง กระตุ้นและให้กำลังใจสมาชิก รับเอกสารจากครู และรวบรวมงานส่งครู

2. ผู้บันทึก ทำหน้าที่จดบันทึกข้อตกลง สรุปผลการทำงานและรายงานผล

3. ผู้ชี้แนะ ทำหน้าที่ขยายความรู้เพิ่มเติม ความคิด

4. ผู้ตรวจสอบ ทำหน้าที่ตรวจสอบความเข้าใจในบทเรียนของสมาชิกให้ทุกคนสามารถอธิบายได้เหมือนกัน

จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบก่อนเรียน แล้วทำการนำเสนอบทเรียน โดยครูสอนความรู้แก่นักเรียนทั้งชั้นประกอบกับสื่อการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและเกิดการเรียนรู้รวดเร็วขึ้น และให้นักเรียนทำงานเป็นทีม โดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ปรึกษาหารือ ทำความเข้าใจ จากข้อมูลทางเอกสาร

ขั้นที่ 3 สรุป ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้

ขั้นที่ 4 วัดและประเมินผลการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการประเมินการทำงานกลุ่มด้วยแบบสังเกต และนักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบเมื่อจบบทเรียนคะแนนจากการทดสอบจะพิจารณาเป็น 2 ระดับ คือ 1. คะแนนรายบุคคลซึ่งได้จากคะแนนดิบที่นักเรียนแต่ละคนทำได้ 2. คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มซึ่งได้จากการนำคะแนนรายบุคคลของสมาชิกในทีมมารวมกันแล้วเฉลี่ยด้วยจำนวนสมาชิก

ขั้นที่ 5 สร้างความประทับใจ ครูกล่าวคำชมเชยและให้รางวัลกับกลุ่มที่ทำคะแนนได้ตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด

สิริกร กลยนีย์ (2556, น. 256) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์แตกต่างจากของ Slavin โดยเพิ่มขั้นนำเข้าสู่บทเรียนประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบและทบทวนความรู้เดิม จากนั้นครูจัดกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถตามความสามารถทางการเรียน รวมถึงระบุพฤติกรรมทางสังคมที่จะพัฒนา เกี่ยวกับกิจกรรมกลุ่ม ระเบียบของกลุ่ม บทบาทและหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม และทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน

ขั้นที่ 2 นำเสนอบทเรียนต่อทั้งชั้น ครูอธิบายภาระงานที่นักเรียนต้องทำให้ชัดเจน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษารายละเอียดของบทเรียน

ขั้นที่ 3 ชั้นเรียนกลุ่มย่อย ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำแบบฝึกหัด จากนั้นสุ่มตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลงานกลุ่มหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 ทดสอบกลุ่มย่อย นักเรียนทำแบบทดสอบเป็นรายบุคคล

ขั้นที่ 5 การคิดคะแนนในการพัฒนาตนเอง นักเรียนแต่ละกลุ่มจดบันทึกชื่อทีม และรวมคะแนนของกลุ่มสมาชิกทั้งหมดเป็นคะแนนฐาน เขียนลงในแบบบันทึกคะแนนของทีมเพื่อนำไปเป็นคะแนนฐานครั้งต่อไป

ขั้นที่ 6 รับรองผลงานและเผยแพร่ชื่อเสียงของทีม นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลคะแนนและร่วมกันพิจารณาคัดเลือกกลุ่มที่ได้คะแนนทีมมากที่สุดรับรางวัลระดับคุณภาพดีมาก กลุ่มที่ได้คะแนนทีมรองอันดับ 1 รับรางวัลระดับคุณภาพดี กลุ่มที่ได้ทีมรองอันดับ 2 รับรางวัลระดับคะแนนชมเชยตามลำดับ

ฤชามน ชนาเมธดิสกร (2559, น. 61) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์แตกต่างจากของ Slavin โดยเพิ่มขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและปรับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นที่ครูทบทวนเนื้อหาเดิมที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว หรือครูยกตัวอย่างเนื้อหาใหม่ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 เรียนกระบวนการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย 4 คนที่คละความสามารถทางการเรียน ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะทำการศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้ย่อยของบทเรียนจากเอกสารประกอบการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนมอบหมายให้ และก่อนสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ครูผู้สอนและนักเรียนทุกคนจะร่วมอภิปรายเพื่อสรุปสาระความรู้ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ทดสอบรายบุคคล เป็นขั้นที่นักเรียนทุกคนของแต่ละคนกลุ่มทำแบบทดสอบหลังเรียนภายในเวลาที่กำหนดให้ โดยทดสอบเป็นรายบุคคลภายหลังที่ได้ศึกษาร่วมกันเป็นกลุ่มเรียบร้อยแล้ว

ขั้นที่ 4 ยกย่องความสำเร็จของกลุ่ม เป็นขั้นที่ครูตรวจและให้คะแนนผลการทดสอบนักเรียนเป็นรายบุคคล แล้วนำมารวมคะแนนกับนักเรียนที่เป็นสมาชิกกลุ่มเดียวกัน เพื่อพิจารณาคะแนนความก้าวหน้าของกลุ่ม พร้อมทั้งกล่าวชมเชยกลุ่มนักเรียนที่ประสบความสำเร็จและให้กำลังใจกลุ่มนักเรียนที่ยังต้องพัฒนา

จากการศึกษาขั้นตอนของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ พบว่า Warawudhi (2012), Sitorus & Gurning (2013), Ahmad (2015) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ตามแนวทางขององค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ของ Slavin ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ การนำเสนอบทเรียน การทำงานเป็นทีม การทดสอบย่อย คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล และการรับรองผลงานของกลุ่ม โดยขั้นตอนดังกล่าวมีข้อดีคือ เป็นขั้นตอนที่มีความชัดเจน เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากมี ความครบถ้วนสมบูรณ์ตามองค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ที่ Slavin ได้เสนอขึ้น นอกจากนี้ปานจิต วัชระรังษี (2548, น. 151), เบญจพร ปัณฑพลังกูร (2551, น. 71) , สิริกร กลยนีย์ (2556, น. 256) และฤชามน ชนาเมธดิสกร (2559, น. 61) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์โดยการประยุกต์ใช้องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ของ Slavin พบว่า ขั้นตอนการเรียนรู้ดังกล่าวมีข้อดีคือ มีการเพิ่มขั้นนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนได้ทราบจุดประสงค์การเรียนรู้และทบทวนความรู้เดิมที่ผ่านมาแต่มีข้อจำกัดคือ มีความไม่ชัดเจนตามองค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ของ Slavin ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยอาศัยแนวทางตามองค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ของ Slavin ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม ขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย ขั้นที่ 4 คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล และขั้นที่ 5 รับรองผลงานของกลุ่ม

3.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD)

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ แบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบนี้มีข้อดี คือ การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบ STAD มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้เรียนรู้ร่วมกัน (แววริมล ด้วงทอง, 2559, น.27; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545, น. 75) นักเรียนที่เก่งจะเข้าใจการสอนของครูได้ดี จึงสามารถเปลี่ยนคำอธิบายของครูให้เป็นภาษาพูดแล้วอธิบายให้เพื่อนสามารถ

เข้าใจได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น (Johnson & Johnson, 1994, p. 13; วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541, น. 44; อัญชนา แข่งขัน, 2558, น. 48) และการที่นักเรียนอธิบายเพื่อนแบบตัวต่อตัวจะทำให้เพื่อนมีความเอาใจใส่และมีความสนใจบทเรียนมากขึ้น (Johnson & Johnson, 1994, p. 13; แววิมล ด้วงทอง, 2559, น.27; อัญชนา แข่งขัน, 2558, น. 48) เนื่องจากคะแนนของสมาชิกทุกคนในกลุ่มจะมีผลต่อการเพิ่มหรือลดคะแนนของกลุ่ม ทำให้สมาชิกทุกคนต้องพยายามอย่างเต็มที่ที่จะช่วยเหลือซึ่งกันและกัน (Johnson & Johnson, 1994, p. 13; วราภรณ์ พรายอินทร์, 2551, น. 69; วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541, น. 44; อัญชนา แข่งขัน, 2558, น. 48)การจัดการเรียนรู้แบบ STAD จึงสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้(วราภรณ์ พรายอินทร์, 2551, น. 69) นอกจากนี้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้กระบวนการกลุ่ม เรียนรู้ทักษะทางสังคม(Johnson & Johnson, 1994, p. 13; แววิมล ด้วงทอง, 2559, น.27; อัญชนา แข่งขัน, 2558, น. 48)ช่วยให้นักเรียนความรักความผูกพันกันมากยิ่งขึ้นจากการที่ได้ช่วยเหลือกัน ทำให้บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้มีความเป็นกันเอง (วราภรณ์ พรายอินทร์, 2551, น. 69; วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541, น. 44)นักเรียนมีความรู้สึกตื่นเต้น สนุกสนาน รู้จักพึ่งพาอาศัยกันเพราะในชีวิตจริงที่ต้องอาศัยความร่วมมือมากกว่าการแข่งขัน (แววิมล ด้วงทอง, 2559, น.27)

ทั้งนี้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบ STAD ยังมีข้อจำกัดคือ ถ้านักเรียนขาดความเอาใจใส่ และความรับผิดชอบ จะส่งผลให้งานกลุ่มและการเรียนรู้ไม่ประสบความสำเร็จ ครูจึงต้องดูแลเอาใจใส่กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด(สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545, น. 75)

การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์(STAD) มีข้อดีคือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันได้ช่วยเหลือกัน สมาชิกในกลุ่มทุกคนต้องมีความเอาใจใส่ในบทเรียนและพยายามเรียนรู้อย่างเต็มที่เพื่อให้เป้าหมายของกลุ่มประสบ ความสำเร็จ และนักเรียนยังได้เรียนรู้ทักษะทางสังคม การทำงานร่วมกับผู้อื่น แต่การจัดการเรียนรู้แบบนี้มีข้อจำกัดคือนักเรียนต้องมีความรับผิดรอบและเอาใจใส่ในการเรียนรู้ ครูก็ต้องดูแลการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างใกล้ชิดจึงจะทำให้การเรียนรู้แบบร่วมมือ แบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ประสบผลสำเร็จ

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมผู้วิจัย พบว่า การเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับวิชาฟิสิกส์ ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ คือ การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (Student Teams Achievement Divisions หรือ STAD) เนื่องจากเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เป็นเนื้อหาที่มีความต่อเนื่องกัน ไม่สามารถแบ่งเป็นหัวข้อย่อย ๆ ให้นักเรียนแยกกันไปศึกษาได้ และเป็นการยากที่จะให้นักเรียนสามารถศึกษาให้เข้าใจบทเรียนอย่างลึกซึ้งได้ด้วยตนเอง จึงจำเป็นต้องอาศัยการ

จัดการเรียนรู้เป็นกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสช่วยเหลือกันและกัน ร่วมมือและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันซึ่งสอดคล้องกับ การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์

4. กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

4.1 แนวคิดของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

นักวิชาการและนักวิจัย (Heller & Heller, 2010, p. 40; Toggerson, 2014, p. 9; ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน, 2559, น. 5; อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, น. 6; เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 7) เสนอว่า กลวิธีแก้ปัญหานี้เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ซับซ้อนให้มีประสิทธิภาพ โดยการสร้างสถานการณ์และใช้แนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเน้นการฝึกคิดวิเคราะห์เป็นลำดับขั้นตอนประกอบด้วย 5 ขั้นตอน นอกจากนี้ Heller & Heller (2010) และ เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558, น. 7) เสนอเพิ่มเติมว่ากลวิธีแก้ปัญหานี้ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ การคิดเชิงเหตุผลของการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งเป็นสิ่งที่ยากที่สุดของการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ดังนั้นสรุปได้ว่า กลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าว คือ แนวทางการแก้โจทย์ปัญหาที่ Heller & Heller สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ช่วยให้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้ดีขึ้น เนื่องจากมีกระบวนการฝึกคิดวิเคราะห์เป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน

4.2 ขั้นตอนของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

การแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ประกอบด้วย 5 ขั้น (Heller & Heller, 2010, p. 40) ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the problem)

ขั้นตอนแรกในการเริ่มต้นแก้โจทย์ปัญหาที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการจินตนาการเกี่ยวกับลำดับของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหา จากนั้นอธิบายด้วยภาพร่างพร้อมทั้งข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มาอย่างหยาบ ๆ โดยคำนึงถึงคำศัพท์ที่เป็นภาษาฟิสิกส์และระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนกฎ หลักการ หรือแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและสุดท้ายควรทบทวนสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาโดยภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.1 จินตนาการสถานการณ์และเหตุการณ์ออกมาเป็นภาพร่าง

1) วาดภาพแสดงความสัมพันธ์สถานการณ์ในโจทย์ปัญหาโดยการวาดควรแสดงลำดับเวลาของเหตุการณ์และเวลาที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงออกมาอย่างคร่าวๆ

2) เขียนข้อมูลที่ทราบและไม่ทราบค่าในแต่ละปริมาณแล้วเพิ่มข้อมูลในรูปภาพ

1.2 เขียนข้อมูลที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบ

1.3 ระบุข้อจำกัดของโจทย์ปัญหา

1) ตัวอย่างเช่น รถจะต้องอยู่บนถนน ถ้ากล่องหนึ่งถูกดัน อีกสองกล่องก็จะมีความเร่งเหมือนกัน

2) สมการบางอย่างจะอยู่ภายใต้เงื่อนไข เช่น เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม จะต้องมีข้อจำกัดของการเคลื่อนที่

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the physics)

ขั้นตอนสำคัญที่ต้องอาศัยความเข้าใจโจทย์ปัญหาเพื่อนำไปใช้หาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา นำข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มาเขียนแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์ โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ที่มีความเป็นไปได้ในการแก้โจทย์ปัญหา ลักษณะของแผนภาพที่จะต้องเขียนให้ถูกต้อง ครบถ้วนเพื่อทำให้โจทย์ปัญหามีความง่ายขึ้น เช่น แผนภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงก็ต้องเขียนให้ออกมาอยู่ในรูปของเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่กระทำซึ่งแผนภาพที่ดีก็จะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจข้อมูลสำคัญต่าง ๆในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยได้ดังนี้

2.1 วาดรายละเอียดของภาพเพิ่มเติม เช่น free-body diagrams เป็นต้นอย่างสมบูรณ์

2.2 เขียนสัญลักษณ์ของแต่ละปริมาณ ปริมาณแตกต่างกันสัญลักษณ์จะไม่ซ้ำกัน

2.3 ระบุตัวแปรเป้าหมายที่จะหาคำตอบ

2.4 หาสมการที่เหมาะสมสำหรับหาคำตอบของตัวแปรเป้าหมายตามหลักการฟิสิกส์รวมทั้งคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution)

ในขั้นนี้ต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ในขั้นที่ 2 ไปสร้างเป็นสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อหาค่าของตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเป็นขั้นตอน

การแปลความหมายทางฟิสิกส์โดยใช้การวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะต้องเขียนสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ โดยทุกสมการที่นำมาใช้ต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่านั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยเริ่มจากการแก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อนจนกว่าทั้งหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของปัญหานั้นได้ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

3.1 ประมาณการคำตอบคร่าว ๆ ถ้าปัญหาถามระยะทาง หน่วยจะเป็นเมตร ระดับระยะทางระหว่างเมืองก็จะเป็นกิโลเมตร ระดับอะตอมก็จะเป็นนาโนเมตร

3.2 สร้างสมการจากเหตุผลที่ระบุในขั้นตอนก่อนหน้า หาปริมาณเป้าหมายจากปริมาณที่รู้

1) ปฏิบัติตามคำอธิบายที่อยู่ในโจทย์ปัญหา

2) เริ่มต้นด้วยความสัมพันธ์เชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเป้าหมาย ระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอื่นๆในสมการ

3) พิจารณาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเพิ่มเติม เลือกสมการสำหรับหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเหล่านั้น

3.3 ตรวจสอบสมการว่าจำนวนสมการที่จะหาคำตอบ โดยเปรียบเทียบสมการกับจำนวนตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the plan)

การดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า โดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน จากนั้นก็นำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่ได้วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้ายเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

4.1 เป็นขั้นตอนแรกที่ใช้พีชคณิต

4.2 เป็นขั้นตอนที่ใช้ระบานการทางคณิตศาสตร์ตามคำอธิบายไว้ในขั้นตอนวางแผนการแก้ปัญหา

4.3 ตรวจสอบหน่วยของสมการพีชคณิตอีกครั้งก่อนที่จะแทนค่า

4.4 ถ้าปริมาณมีค่าตัวเลขก็แทนค่าแล้วคำนวณหาปริมาณที่ค้องการทราบ

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินคำตอบ (Evaluate the answer)

การตรวจคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องตอบคำถามเพื่อการตรวจสอบ 3 ข้อ ดังต่อไปนี้คือ

5.1 ตรวจสอบความสอดคล้องของผลลัพธ์กับหน่วย

5.2 ตรวจสอบว่าความสมเหตุสมผลของคำตอบ เปรียบเทียบกับประมาณการคร่าว ๆ ในขั้นตอนวางแผน

5.3 ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้ความถูกต้อง สมบูรณ์ของคำตอบที่โจทย์ถามหา

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่ากลวิธีแก้ปัญหานี้เป็นวิธีที่การแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ตามลำดับขั้นตอน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. พิจารณาปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์จากโจทย์ เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หา

2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นขั้นที่นักเรียนเขียนแผนภาพจากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ และเขียนหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องที่จะต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

3. วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มากำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยเขียนสมการทั้งหมดที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา วางแผนการแก้สมการทางคณิตศาสตร์โดยเริ่มจาก แก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน

4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เป็นขั้นที่นักเรียนดำเนินการแก้สมการตามแผนที่วางไว้เพื่อหาคำตอบของตัวแปรเป้าหมาย รวมทั้งตรวจสอบหน่วยไปพร้อมกัน

5. ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นที่นักเรียนตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบกับหน่วย ตรวจสอบความสมเหตุสมผลและความสมบูรณ์ของคำตอบ สุดท้ายสรุปคำตอบได้จากการแก้โจทย์ปัญหา

4.3 ข้อดีและข้อจำกัดของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่ากลวิธีแก้ปัญหาข้างต้น มีข้อดีคือ เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้ ทำให้

นักเรียนสามารถที่จะมองเห็นภาพรวมของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ชัดเจน เน้นหลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นสำเร็จลุล่วงไปได้ รวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการขยายความรู้และเห็นแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหานั้น (Heller & Heller, 2010, p. 40; เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 143) กลวิธีนี้มีความเหมาะสมกับการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เพราะมีลำดับขั้นตอน (เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 41)จะช่วยจัดระบบความคิดของนักเรียนทำให้เกิดทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ที่เป็นระบบ และการคิดเชิงเหตุผล(อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, น. 60) นอกจากนี้นักเรียนยังได้รับการฝึกฝนอย่างหลากหลาย เช่น การเขียนภาพ การเขียนหลักการทางฟิสิกส์ การวางแผน การคำนวณ และการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้สำคัญล้วนทำให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้น (อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, น. 60) แต่ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหานี้ยังมีข้อจำกัด คือครูต้องคำนึงถึงความยากง่ายของโจทย์ปัญหาให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน (อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, น. 65; เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 92) และไม่สามารถใช้ได้ดีกับนักเรียนทุกคน แต่จะเหมาะสมกับนักเรียนที่มีพื้นฐานทางความรู้ดีในระดับหนึ่ง ส่วนนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้ไม่ดีพอก็จะใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวไม่ดีเท่าที่ควร (เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 91)จึงต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเข้ามาร่วมด้วยเพื่อให้นักเรียนที่มีพื้นฐานทางความรู้ดีและนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้ไม่ดีได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

ดังนั้นสรุปได้ว่า กลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าว มีข้อดีคือ เน้นการเขียนภาพสถานการณ์จากโจทย์ปัญหา และหลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้นักเรียนมองเห็นภาพและแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนที่ชัดเจนช่วยให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ จึงช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนให้เพิ่มขึ้นได้ แต่ยังมีข้อจำกัดคือไม่สามารถใช้ได้ดีสำหรับนักเรียนทุกคน ผู้สอนจึงต้องคำนึงถึงความยากง่ายของโจทย์ปัญหาให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนด้วย

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่า วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำมาช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน คือ การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) และวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ คือ กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์

(STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

5. การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ มีข้อดีในส่วนของการเรียนรู้และทำงานร่วมกัน ความรับผิดชอบของสมาชิกในกลุ่ม การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน แต่หากนำการจัดการเรียนรู้แบบนี้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จะต้องมีเทคนิคการเรียนรู้ที่ระบุวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นขั้นตอนอย่างชัดเจนคือกลวิธีแก้ปัญหาข้างต้น จึงจะทำให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้องและมีขั้นตอนที่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงใช้ทั้งสองวิธีมาสอดแทรกกัน เพราะจะได้เหมาะสมกับความสามารถ สนองความต้องการและการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สอดแทรกการจัดการเรียนรู้ระหว่างการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยนำขั้นตอนของกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1. พิจารณาปัญหา 2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3. วางแผนแก้ปัญหา 4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และ 5. ตรวจสอบคำตอบไปสอดแทรกในแต่ละขั้นของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ประกอบด้วยขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม และขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย ดังตาราง 6 เนื่องจากเป็นขั้นที่นักเรียนได้เรียนรู้ขั้นตอนกลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวในการแก้โจทย์ปัญหา หลังจากนั้นได้ฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ร่วมกันทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และทดสอบย่อยรายบุคคล

ตาราง 6 การสอดแทรกการจัดการเรียนรู้ระหว่างการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD)	**กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์**	**การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์** (STAD) **ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์**
ขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน	ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ	ขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม		ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
ขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย		ขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
ขั้นที่ 4 คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล	-	ขั้นที่ 4 คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล
ขั้นที่ 5 รับรองผลงานของกลุ่ม	-	ขั้นที่ 5 รับรองผลงานของกลุ่ม

จากตาราง 5 ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ตามแนวทางขององค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ของสลาวิน (Slavin, 1995, p. 71) มาสอดแทรกกับกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ (Heller & Heller, 2010, p. 40)และได้กำหนดเป็นขั้นตอนการเรียนรู้

ดังนั้นผู้วิจัยสามารถกำหนดนิยามศัพท์เฉพาะของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หมายถึง ขั้นตอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม คละความสามารถทางการเรียน กลุ่มละประมาณ 4 คน สมาชิกทุกคนจะต้องช่วยเหลือกันในการเรียนรู้และการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน (Class presentation) เป็นการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยนักเรียนร่วมกันเสนอความคิดเห็นจากการสนทนา การใช้รูปภาพ และการซักถามจากครู จากนั้นนักเรียนเรียนรู้เนื้อหาของบทเรียนใหม่โดยครูนำเสนอเนื้อหาให้แก่นักเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เช่น การบรรยาย สาธิต อธิบายและแสดงเหตุผล ใช้คำถาม เป็นต้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ตามขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์จากโจทย์ เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หา

2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นขั้นที่นักเรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free body diagram) จากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ และเขียนหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องที่จะต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

3. วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์มากำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยเขียนสมการทั้งหมดที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา วางแผนการแก้สมการทางคณิตศาสตร์โดยเริ่มจาก แก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน

4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เป็นขั้นที่นักเรียนดำเนินการแก้สมการตามแผนที่วางไว้เพื่อหาคำตอบของตัวแปรเป้าหมาย รวมทั้งตรวจสอบหน่วยไปพร้อมกัน

5. ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นที่นักเรียนตรวจสอบความสอดคล้องของคำตอบกับหน่วย ตรวจสอบความสมเหตุสมผลและความสมบูรณ์ของคำตอบ สุดท้ายสรุปคำตอบได้จากการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม (Teams) เป็นขั้นที่นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 4 คน โดยคละความสามารถทางการเรียน หลังจากที่ครูนำเสนอบทเรียนแล้ว แต่ละกลุ่มจะได้รับมอบหมายให้ทำกิจกรรมหรือได้เรียนรู้จากสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ สมาชิกในกลุ่มต้องช่วยกันอภิปรายปรึกษาหารือ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นเครื่องมือในการช่วยแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย (Quizzes) เป็นขั้นที่นักเรียนได้รับการทดสอบประจำเนื้อหาย่อย หลังจากที่นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย และนักเรียนทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจในบทเรียนแล้ว เป็นการทดสอบย่อยรายบุคคล โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 4 คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล (Individual improvement score) เป็นขั้นที่ครูหาคะแนนการพัฒนาของนักเรียนแต่ละคน โดยหาจากความแตกต่างระหว่างคะแนนฐานกับคะแนนที่นักเรียนสอบได้จากการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์และหาคะแนนของกลุ่ม (Team score) โดยหาคะแนนเฉลี่ยจากการรวมคะแนนการพัฒนาของนักเรียนทุกคนในกลุ่มแล้วหารด้วยจำนวนสมาชิกในกลุ่มแต่ละคน

ขั้นที่ 5 รับรองผลงานของกลุ่ม (Team recognition) เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน ประเมินผลการทำงานกลุ่มเกี่ยวกับการปฏิบัติงานร่วมกันภายในกลุ่ม พร้อมทั้งครูสรุปผลคะแนนของกลุ่มที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และประกาศคะแนนกลุ่มให้แต่ละกลุ่มทราบ ครูให้คำชมเชยหรือให้รางวัลกับนักเรียนกลุ่มที่มีคะแนนการพัฒนาของกลุ่มสูงสุด

ซึ่งผู้วิจัยได้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ขึ้นมาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

6. ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ มีนักการศึกษา (ทิพย์ภาภรณ์ อินทรอักษร, 2554, น. 94; เมธิญา กาญจนรัตน์, 2552, น. 52; สุจิรา ชูดำ, 2550, น. 3; สุรุจิรา บุญเลิศ, 2556, น. 30; เสาวลักษณ์ เหลืองดี, 2552, น. 35; อาซิ ดราแม , 2558, น. 50) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีหรือทัศคติที่ดีที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในทางบวก แต่มีนักการศึกษาอีกหลายท่าน (จารีพร ผลมูล, 2558, น. 61; นฤมล บุญเกษม, 2558, น. 66; รัชนีบูรณ์ แก้วทิพย์, 2550, น. 36; อุทัยพรรณ สุดใจ, 2545, น. 7) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นไปในมีทั้งด้านบวกและด้านลบ และนักการศึกษาอีกส่วนหนึ่ง (Struss & Sayles, 1960, p. 5; Wallerastein, 1995, p. 256) กล่าวแตกต่างกันว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่องานที่ทำนั้นได้ผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย โดย Wallerastein (1995, p. 256) ได้เสนอเพิ่มเติมว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นภายในจิตใจ มีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับการตอบสนองตามความต้องการของบุคคล (เมธิญา กาญจนรัตน์, 2552, น. 52; สมหมาย เปียถนอม, 2551, น. 4; สุรุจิรา บุญเลิศ, 2556, น. 30; เสาวลักษณ์ เหลืองดี, 2552, น. 35; อาซิ ดราแม, 2558, น. 50) และ วันวิสาข์ ภักดี (2557, น. 66) เสนอตรงกันว่า ในการจัดการเรียนรู้ความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนตั้งใจเรียน และทำงานที่ได้รับมอบหมายให้ประสบผลสำเร็จบรรลุเป้าหมาย ความพึงพอใจของนักเรียนจึงมีผลต่อความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาความหมายของความพึงพอใจ สรุปได้ว่า ความรู้สึกหรือทัศนคติที่เกิดขึ้นภายในจิตใจของแต่ละบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งเมื่อได้ผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย มีลักษณะเป็นนามธรรม ความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเรียนรู้เพราะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนตั้งใจเรียน และทำงานที่ได้รับมอบหมายให้ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นผู้สอนจึงต้องพยายามทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้นั้นบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้

6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ดังนี้

6.2.1 Maslow (1970) กล่าวว่ามนุษย์มีความต้องการเหมือนกันแต่ความต้องการนั้นเป็นลำดับขั้น จึงได้เสนอทฤษฎีการจูงใจตามลำดับขั้นตอนของความต้องการ (Hierarchy of needs) ที่เกี่ยวกับความต้องการของมนุษย์ (Maslow, 1970, p. 69) ไว้ดังนี้

1. มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอไม่มีที่สิ้นสุด หากความต้องการใดได้รับการตอบสนองแล้วความก็จะมีต้องการอย่างอื่นเกิดขึ้นอีกเรื่อย ๆ

2. ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองจะไม่เป็นสิ่งจูงใจสำหรับพฤติกรรมอื่นต่อไป ความต้องการที่ไม่ได้รับการตอบสนองเป็นสิ่งจูงใจของพฤติกรรม

3. ความต้องการของมนุษย์อาจจะซ้ำซ้อนกัน กล่าวคือ ความต้องการอย่างหนึ่งอาจยังไม่ทันหมดไป ความต้องการอีกอย่างหนึ่งอาจเกิดขึ้นได้

4. ความต้องการของมนุษย์จะเรียงเป็นลำดับขั้นตอนตามลำดับความสำคัญ ซึ่งลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์มี 5 ขั้น จากต่ำไปสูงตามลำดับดังนี้

4.1 ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological needs) เป็นความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ เช่น ความต้องการในเรื่องอาหาร น้ำ อากาศ และความต้องการทางเพศ ความต้องการทางด้านร่างกายมีผลต่อพฤติกรรมของคนก็ต่อเมื่อความต้องการทั้งหมดของคนยังไม่ได้รับการตอบสนอง Maslow ชี้ให้เห็นว่าบุคคลใดก็ตามที่ยังอยู่ในภาวะของการขาดแคลนอาหาร ความปลอดภัย การเข้าสังคม และความมีชื่อเสียงแล้ว บุคคลนั้นย่อมมีความต้องการในเรื่องของอาหารมากกว่าสิ่งใด ๆ

4.2 ความต้องการด้านความปลอดภัย (Safety needs) เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการทางด้านร่างกายตามสมควรแล้ว มนุษย์จะต้องการในขั้นอื่นต่อไปคือด้านความรู้สึกที่ต้องการความปลอดภัยจากอันตรายต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับร่างกาย ความเจ็บป่วย และความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ

4.3 ความต้องการทางด้านสังคม (Social needs) หลังจากที่มนุษย์ได้รับการตอบสนองในด้านความปลอดภัยแล้ว ก็จะมีความต้องการสูงขึ้นอีก คือ ด้านสังคมเป็นความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับในสังคม

4.4 ความต้องการที่จะได้รับการยอมรับ (Esteem needs) เป็นความต้องการให้คนอื่นเห็นความสำคัญของตนเอง ให้เกียรติ มีความมั่นใจตนเองในเรื่องของความรู้ความสามารถ

4.5 ความต้องการสำเร็จในชีวิต (Self actualization needs) เป็นความต้องการระดับสูงสุดของมนุษย์ คือ อยากได้ตามความคิดของตน

จากทฤษฎีของ Maslow สรุปได้ว่า ความต้องการของมนุษย์เป็นความต้องการที่ไม่มีที่สิ้นสุด และความต้องการของมนุษย์จะเรียงเป็นลำดับขั้นตอนตามความสำคัญซึ่งลำดับขั้นความต้องการจากขั้นต่ำไปหาขั้นสูงของมนุษย์มี 5 ขั้นคือ ความต้องการด้านร่างกาย ความต้องการด้านความปลอดภัย ความต้องการด้านสังคม ความต้องการที่จะได้การยอมรับนับถือ และความต้องการสำเร็จในชีวิต เมื่อมนุษย์ได้รับการตอบสนองตามความต้องการก็จะเกิดความพึงพอใจในชีวิต

6.2.2 Herzberg (1959) ได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เป็นมูลเหตุที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ เรียกว่า The Motivation Hygiene Theory (Herzberg, 1959, p. 113) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดความพึงพอใจมี 2 ปัจจัย คือ

1. ปัจจัยกระตุ้น (Motivation Factors) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับงานที่ปฏิบัติ ซึ่งมีผลก่อให้เกิดความพึงพอใจในการทำงาน เช่น ความสำเร็จของงาน การได้รับการยอมรับนับถือ ลักษณะของงานความรับผิดชอบ และโอกาสก้าวหน้า

2. ปัจจัยอนามัย (Hygiene Factors) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในการทำงานและมีหน้าที่ให้บุคคลเกิดความพึงพอใจในการทำงาน เช่น เงินเดือน สภาพแวดล้อมในการทำงาน และความมั่นคงของงาน เป็นต้น

นอกจากนี้ Herzberg ยังชี้ให้เห็นว่า ความไม่พึงพอใจไม่ได้อยู่ตรงข้ามกับความพึงพอใจหรือแรงจูงใจ หรือบุคคลที่ไม่มีความไม่พึงพอใจไม่ได้หมายความว่าบุคคลนั้นจะมีความพึงพอใจหรือแรงจูงใจ แต่อาจจะมีความรู้สึกที่เป็นกลาง

6.2.3 ศุภสิริ โสมาเกตุ (2544, น. 52) ได้ให้แนวคิดว่า ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญที่กระตุ้นให้นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายหรือปฏิบัติกิจกรรมให้บรรลุตามเป้าหมาย ครูผู้สอนจึงต้องคำนึงถึงความพอใจในการเรียนทำให้นักเรียนเกิดความพอใจในการเรียน ซึ่งมีแนวคิด 2 ลักษณะ ต่างกันดังนี้คือ

1. ความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน

การตอบสนองความต้องการของการปฏิบัติงานจนเกิดความพอใจ จะทำให้เกิดแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานที่สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการตอบสนอง จากแนวคิดนี้ครูต้องให้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง บรรลุสำเร็จ จึงต้องคำนึงถึงบรรยากาศและสถานการณ์ รวมถึงอุปกรณ์การเรียนการสอนที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้เรียนให้มีแรงจูงใจในการทำกิจกรรมจนบรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

2. ผลการปฏิบัติงานนำไปสู่ความพึงพอใจ

ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและผลการปฏิบัติงานจะถูกเชื่อมโยงด้วยปัจจัยอื่น ๆ ผลการปฏิบัติงานที่ดีจะนำไปสู่สิ่งที่ตอบแทนตามความเหมาะสม ผลการปฏิบัติงานย่อมได้รับการตอบสนองในรูปของรางวัลหรือผลตอบแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นการตอบแทนภายใน และผลการตอบแทนภายนอกโดยผ่านการรับรู้เกี่ยวกับความยุติธรรมของผลตอบแทน นั่นคือ ความพึงพอใจในงานของผู้ปฏิบัติงาน

แนวคิดนี้ได้นำมาใช้เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงผลตอบแทนหรือรางวัลภายในด้านความรู้สึกต่อความสำเร็จความสามารถเอาชนะความยากจนกลายเป็นความภาคภูมิใจที่เกิดแก่ตัวนักเรียน ส่วนผลตอบแทนภายนอกที่ได้รับก็จะเป็นคำชมเชยจากพ่อแม่ ครู หรือคะแนนจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดี

ดังนั้นความพึงพอใจจึงเป็นสิ่งที่จะกระตุ้นให้นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายหรือปฏิบัติให้ตามเป้าหมายครูผู้สอน โดยมีสิ่งจูงใจเป็นแรงขับทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจให้อยากเรียน ต้องพยายามสร้างบรรยากาศ สถานการณ์ เทคนิคการสอนที่ดี ให้เขามีส่วนร่วมในการวางแผน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กันมีการยกย่องชมเชย ให้รางวัล ให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในความสำเร็จ ทำให้ความต้องการด้านร่างกายของนักเรียนได้รับการตอบสนองทางด้านและจิตใจซึ่งถือส่วนสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

6.3 การวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ พบว่า การวัดความพึงพอใจเป็นการวัดด้านทัศนคติหรือเจตคติที่เป็นนามธรรม (ใกล้รุ่ง นคราวนากุล, 2547, น. 70) ซึ่งสำคัญต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากความพึงพอใจเป็นตัวบ่งบอกถึงความสนใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมหรือสื่อการสอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมเพื่อที่จะได้ผลลัพธ์ของความพึงพอใจที่ดีและการวัดความพึงพอใจส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพของครูต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน (ภณิดา ชัยปัญญา, 2541, น. 11)

การวัดความพึงพอใจสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งวิธีที่นิยมทำกันในปัจจุบันมี 3 วิธี (ชวลิต ชูกำแพง, 2550, น. 112; ภณิดา ชัยปัญญา, 2541, น. 11) มีดังนี้

1. การสังเกต (Observation) เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยการสังเกตพฤติกรรมการพูด การกระทำ การเขียน กิริยาท่าทางของนักเรียนวิธีนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจังและสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

2. การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการพูดคุยกับผู้เรียนในประเด็นที่ครูอยากรู้ซึ่งอาจเป็นทัศนคติของนักเรียน เพื่อนำสิ่งที่นักเรียนพูดออกมาแปลความหมายเกี่ยวกับลักษณะจิตพิสัยของนักเรียนโดยต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีที่จะได้ข้อมูลจริง

3. การใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นการสร้างเครื่องมือแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า Rating scale ขึ้นมาวัดความพึงพอใจ เพื่อสำรวจความคิดเห็นซึ่งสามารถกำหนดลักษณะคำตอบให้เลือกหรือคำตอบอิสระ ข้อคำถามอาจถามความพอใจในด้านต่างๆ

ในการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้มีผู้วิจัยหลายท่านได้วัดความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถาม เช่น ศุภสิริ โสมาเกตุ (2544, น. 205) ได้ทำการวัดความพึงพอใจในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ ซึ่งแบบสอบถามที่สร้างขึ้นจะแบ่งคำถามออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล โดยแบบสอบถามมีทั้งหมด 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที วิธีตอบแบบสอบถามคือให้นักเรียนอ่านข้อความแล้วพิจารณาว่าความรู้สึกตรงกับข้อใดก็ให้ทำเครื่องหมาย / ลงในช่องนั้น ดังตัวอย่าง โดยแต่ละช่องมีความหมายดังนี้

3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ		
	มาก	ปานกลาง	น้อย
	3	2	1
0. ข้าพเจ้าเรียนภาษาอังกฤษอย่างมีความสุข			

ตัวอย่าง แบบสอบถามในการวัดความพึงพอใจวิชาภาษาอังกฤษ

(ศุภสิริ โสมาเกตุ, 2544, น. 205)

ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ จันทิมา เมยประโคน (2555, น. 158) ที่ได้ทำการวัดความพึงพอใจในการเรียนวิชาศิลปะของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ซึ่งแบบสอบถามที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนการสอน ด้านการใช้สื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดผลประเมินผล โดยแบบสอบถามมีทั้งหมด 20 ข้อ วิธีการตอบแบบสอบถามให้นักเรียนทำ

เครื่องหมาย / ในช่องหลังข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด ดังตัวอย่าง โดยในแต่ละช่องมีความหมาย ดังนี้

มากที่สุด หมายถึง นักเรียนมีความรู้สึกพึงพอใจมากที่สุด ชอบทำ ชอบคิด หรือคิดจะทำตามข้อนี้มากที่สุด

มาก หมายถึง นักเรียนมีความรู้สึกพึงพอใจมาก ชอบทำ ชอบคิด หรือคิดจะทำตามข้อนี้มาก

ปานกลาง หมายถึง นักเรียนมีความรู้สึกพึงพอใจปานกลาง ชอบทำ ชอบคิด หรือคิดจะทำตามข้อนี้ปานกลาง

น้อย หมายถึง นักเรียนมีความรู้สึกพึงพอใจน้อย ชอบทำ ชอบคิด หรือคิดจะทำตามข้อนี้น้อย

น้อยที่สุด หมายถึง นักเรียนมีความรู้สึกพึงพอใจน้อยที่สุด ชอบทำ ชอบคิด หรือคิดจะทำตามข้อนี้น้อยที่สุด

ความพึงพอใจในการเรียนวิชาศิลปศึกษา	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้					
1.1 เนื้อหาที่เรียนมีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง					

ตัวอย่าง แบบสอบถามในการวัดความพึงพอใจวิชาศิลปะ

(จันทิมา เมยประโคน, 2555, น. 158)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ จารีพร ผลมูล (2558, น. 118) ที่ได้ทำการวัดความพึงพอใจใจการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งแบบสอบถามที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาสาระ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศเพื่อการเรียนรู้ และด้านบุคลิกภาพของครู โดยคำถามมีจำนวน 30 ข้อ วิธีการตอบแบบสอบถามให้นักเรียนพิจารณาข้อความแล้วทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงหรือความรู้สึกของนักเรียน ดังตัวอย่าง ซึ่งมีเกณฑ์ในการเลือกตอบดังนี้

5 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง พึงพอใจควรปรับปรุง

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหาสาระ					
1. เนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหน่วยบูรณาการแบบ STEAM สอดคล้องกับวิถีชีวิตของชุมชนวังตะกอ					

ตัวอย่าง แบบสอบถามในการวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

(จารีพร ผลมูล, 2558, น. 118)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ในการวัดความพึงพอใจนิยมใช้แบบสอบถามในรูปแบบของมาตรประมาณค่าของ ลิเคิร์ท (Likert type Scale) ซึ่งเป็นแบบสอบถามปลายปิด มีข้อดีหลายประการ เช่น ตอบง่าย สะดวก รวดเร็ว สามารถได้คำตอบตรงตามวัตถุประสงค์ ข้อมูลไม่กระจัดกระจาย สะดวกในการประมวลและวิเคราะห์ (สุชีรา ภัทรายุตวรรตน์, 2548, น. 131) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบสอบถามในรูปแบบของมาตรประมาณค่าของ ลิเคิร์ท (Likert type Scale) เพื่อวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านผู้สอน ด้านสื่อในการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล

จากการศึกษาความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยสามารถกำหนดนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกที่ของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งครูต้องพยายามทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และทำงานที่ได้รับมอบหมายให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ โดยการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบสอบถามในรูปแบบของมาตรประมาณค่าของ ลิเคิร์ท (Likert type

Scale) 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด เพื่อวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านผู้สอน ด้านสื่อในการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล

7. คะแนนพัฒนาการ

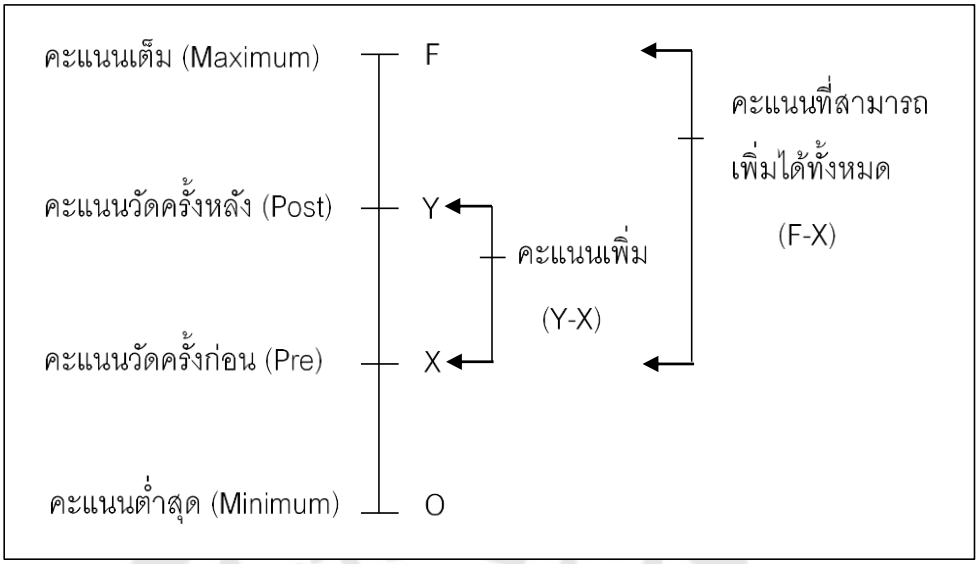
7.1 ความหมายของคะแนนพัฒนาการ

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับคะแนนพัฒนาการ มีนักการศึกษา (สมถวิล วิจิตรวรรณา, 2556: 36 ,รุสดา จะปะเกีย, 2558: , Raykov, 1993: 54) กล่าวว่า คะแนนพัฒนาการ หมายถึง ผลต่างของคะแนนที่นักเรียนทำได้จากการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งคะแนนพัฒนาการแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการของนักเรียนที่เกิดขึ้นหลังได้รับการเรียนรู้ โดยคะแนนพัฒนาการยังเป็นตัวบ่งชี้ที่ใช้วัดประสิทธิภาพหรือคุณภาพของตัวแปรจัดกระทำที่ให้แก่นักเรียน (Pike, 1991: 501) นอกจากนี้อวยพร เรืองตระกูล (2544, 17) เสนอเพิ่มเติมว่าคะแนนพัฒนาการเป็นคะแนนที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวัดความสามารถของนักเรียนตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป

ดังนั้นสรุปได้ว่าคะแนนพัฒนาการ คือ คะแนนผลต่างที่ได้จากการวัดความสามารถของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียน

7.2 การคำนวณคะแนนพัฒนาการ

จากการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณคะแนนพัฒนาการ พบว่า ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, 266) ได้เสนอวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์โดยพิจารณาจากคะแนนเพิ่มหรือคะแนนผลต่างจากการวัดครั้งแรกและวัดครั้งหลัง ซึ่งมักจะประสบกับปัญหาจากอิทธิพลเพดาน (Ceiling effect) เนื่องจากกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถสูง เช่น นักเรียนกลุ่มเก่ง และกลุ่มปานกลาง โดยเฉลี่ยแล้วจะมีคะแนนจากการวัดครั้งแรกสูงกว่านักเรียนกลุ่มอ่อน เมื่อมีการวัดครั้งหลังโอกาสที่คะแนนครั้งหลังจะสูงนั้นถูกกำหนดโดยเพดาน(คะแนนเต็ม) ทำให้คะแนนเพิ่มของกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลางต่ำกว่ากลุ่มอ่อน วิธีนี้มีจุดเด่นคือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์จะแก้ปัญหาของผู้เรียนที่ได้คะแนนพัฒนาการเท่ากัน แต่ศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน เพราะคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์จะบอกถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับศักยภาพที่นักเรียนมีอยู่โดยมีหลักการคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 หลักการคำนวณคะแนนพัฒนาการ

(ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, น. 267)

การประมาณคะแนนพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียน สามารถคำนวณได้จากสูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยมีสูตรและวิธีการวัด ดังนี้

$$DS(\%) = \frac{Y - X}{F - X} \times 100$$

เมื่อ $DS(\%)$ แทน คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน

X แทน คะแนนวัดครั้งก่อน

Y แทน คะแนนวัดครั้งหลัง

F แทน คะแนนเต็ม

จากการศึกษาคะแนนพัฒนาการผู้วิจัยสามารถกำหนดนิยามศัพท์เฉพาะของพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง คะแนนผลต่างของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน จากการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำนวน 6 ครั้งตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้จึงมีช่วงพัฒนาการจำนวน 5 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 2
ระยะที่ 2 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 3
ระยะที่ 3 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 4
ระยะที่ 4 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 5
ระยะที่ 5 คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียนจากการวัดครั้งที่ 1 และ 6

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา
2. แบบแผนการวิจัย
3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 37 คน ได้มาจากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) โดยเป็นชั้นเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบ คาบละ 55 นาที

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่องไฟฟ้าสถิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

2. แบบแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) แบบแผนการทดลองแบบ One-Shot Repeated Measures Design (มนต์ชัย เทียนทอง, 2548, น. 153) เป็นการทดสอบซ้ำกับกลุ่มที่ศึกษาเดิม ซึ่งทำการทดลองโดยการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 ครั้ง และทำการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่องไฟฟ้าสถิต

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 ครั้ง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ดังแบบแผนการวิจัย แสดงตาราง 7

ตาราง 7 แบบแผนการทดลอง

ทดลอง	ทดสอบ	ทดลอง	ทดสอบ	ทดลอง	ทดสอบ
X	O_2	X	O_2	X	O_2

เมื่อ X แทน การทดลองหรือการจัดกระทำ

O_2 แทน การทดสอบหลังการทดลอง

3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ในการดำเนินการครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวบรวมข้อมูลจากผลสัมฤทธิ์ทางเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนในปีการศึกษาที่ผ่านมา และจากการสอบถามนักเรียนอย่างไม่เป็นทางการจำนวน 10 คน พบว่า มีปัญหาต่าง ๆ เช่น สื่อและอุปกรณ์ไม่เพียงพอสำหรับการทำการทดลองในชั้นเรียน นักเรียนขาดแรงจูงใจในการเรียน เนื่องจากคิดว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก นักเรียนขาดทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ด้วยตนเอง เป็นต้น

3.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

3.2.1 ศึกษาการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ โดยคละความสามารถทางการเรียนของนักเรียน เน้นการช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม ขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย ขั้นที่ 4 คะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคล และขั้นที่ 5 รับรองผลงานของกลุ่ม

3.2.2 ศึกษากลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างเป็นขั้นตอน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1. พิจารณาปัญหา 2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3. วางแผนแก้ปัญหา 4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และ 5. ตรวจสอบคำตอบ

3.2.3 สอดแทรกการจัดการเรียนรู้โดยนำขั้นตอนของกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. พิจารณาปัญหา 2.อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3. วางแผนแก้ปัญหา 4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และ 5. ตรวจสอบคำตอบ ไปสอดแทรกในขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม และขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย ของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD)

4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

4.1 แผนการจัดการเรียนรู้

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนานักเรียน เป็นแผนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ โดยดำเนินการสร้าง ดังนี้

4.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เพื่อทำการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม โดยในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเน้นผลการเรียนรู้ด้านการคำนวณจึงนำผลการเรียนรู้บางข้อของบทเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิตมาทำการวิจัย ได้แก่ ผลการเรียนรู้ข้อที่ 2, 3, 4, และ 5 ดังตาราง 8

ตาราง 8 ผลการเรียนรู้ สาระที่ 6 ฟิสิกส์

สาระที่ 6 ฟิสิกส์
3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยน พลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
ผลการเรียนรู้ ม.5
เน้นวิทยาศาสตร์
1. ทดลองและอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต
2. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์
3. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์
4. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ
5. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์และความจุของ ตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
6. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด และปรากฏการณ์ใน ชีวิตประจำวัน

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ. 2560. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. หน้า 205

4.1.2 กำหนดบทเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยแบ่งออกเป็นแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ซึ่งประกอบด้วย 6 หัวข้อย่อย รวมถึงเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้รวมทั้งหมดจำนวน 18 คาบ ดังตาราง 9

ตาราง 9 บทเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อที่การเรียนรู้และเวลาที่ใช้

ชื่อบทเรียน	**แผนการจัดการ** เรียนรู้ที่	หัวข้อการเรียนรู้	เวลาที่ใช้ (คาบ)
ไฟฟ้าสถิต	1	1. กฎของคูลอมบ์	3
	2	2. สนามไฟฟ้า	3
	3	3. ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	3
		4. ตัวเก็บประจุ	
	4	4.1 ความจุของตัวเก็บประจุ	3
	5	4.2 พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ	3
	6	4.3 การต่อตัวเก็บประจุ	3
รวมจำนวนคาบ			18

4.1.3 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้
3. สาระสำคัญ
4. กิจกรรมการเรียนรู้
5. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้
7. บันทึกหลังสอน

4.1.4 ขั้นตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนดังนี้

1. นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์พิจารณาในด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ นำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา โดยผู้วิจัยได้แก้ไขในประเด็นต่อไปนี้

1) ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ ปรับให้มีการสาธิตจากครูแทนการบรรยายเพียงอย่างเดียว เป็นต้น

2) ปรับแก้คำผิด การใช้ภาษาให้ชัดเจน เช่น การระบุรูปภาพที่ใช้ให้ชัดเจน เป็นต้น

3) ปรับการสรุปบทเรียนของนักเรียนให้มีความหลากหลาย เช่น ผังมโนทัศน์ บันทึกสะท้อนคิด เป็นต้น

2. นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาและการสอนฟิสิกส์จำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความถูกต้องของเนื้อหา โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) มีเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พิจารณามีความสอดคล้องและเนื้อหามีความถูกต้อง

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พิจารณามีความสอดคล้องและไม่แน่ใจว่าเนื้อหามีความถูกต้อง

-1 เมื่อแน่ใจว่าองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พิจารณาไม่มีความสอดคล้องและเนื้อหาไม่ถูกต้อง

ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพคือ อยู่ระหว่าง 0.50 – 1.00 (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, น. 248)และประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

5 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้มากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้มาก

3 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้น้อย

1 คะแนน หมายถึง เมื่อมีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้น้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าความเหมาะสมคะแนนเฉลี่ย (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, น. 138) มีดังนี้

1.00 – 1.49 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

1.50 – 2.49 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

2.50 – 3.49 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

3.50 – 4.49 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

4.50 – 5.00 คะแนน หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ซึ่งการกำหนดเกณฑ์ค่าคะแนนเฉลี่ยของความเหมาะสมคือ ถ้าคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญมีค่า 3.50 ขึ้นไป ยอมรับได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, น.117)

จากการนำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความถูกต้องของเนื้อหาและประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน มีความสอดคล้องเฉลี่ยขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความถูกต้องของเนื้อหาอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และมีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.67 – 4.67 สามารถนำไปใช้ในจัดการเรียนรู้ได้ ค่าเฉลี่ยความสอดคล้องและความเหมาะสม ดังภาคผนวก ค

3. แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญ ในประเด็นดังนี้

1) ปรับแก้การใช้ภาษา และการเขียนอธิบายให้มีชัดเจน เช่น ควรขยายความจากดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับมุมที่บิดไปผ่านการทดลองจริงในชั้นเรียน เป็นต้น

2) ปรับแก้การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ถูกต้อง เช่น การจำแนกทิศทางของแรงไฟฟ้าเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ (K) เป็นต้น

3) ปรับแก้สัญลักษณ์ของปริมาณต่าง ๆ ให้ถูกต้อง เช่น ขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าทั้งสอง แทนด้วย $\vec{F}$ เป็นต้น

4) ปรับรูปแบบของใบงานให้มีความกระชับมากขึ้น

5) ปรับการแบ่งเกณฑ์การประเมินคุณลักษณะของนักเรียนแต่ละข้อให้เท่ากัน

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 31 คน เพื่อศึกษาความเหมาะสมด้านระยะเวลา ความสอดคล้องเนื้อหา ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาปรับปรุงและแก้ไข ดังนี้

ในกิจกรรมการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน และขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม เวลาที่ใช้ยังไม่เพียงพอเนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา จึงปรับเวลาเพิ่มเติมให้เพียงพอกับกิจกรรมการเรียนรู้ จากขั้นที่ 1 เวลา 50 นาที ปรับเป็น เวลา 60 นาที และ ขั้นที่ 2 เวลา 55 นาที ปรับเป็น 65 นาที

4.2 แบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ในการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่อง ไฟฟ้าสถิต ผู้วิจัยสร้างแบบวัดอัตนัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนมีแบบวัดจำนวน 2 ข้อ รวมแบบวัดทั้งหมดเป็นจำนวน 12 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่ใช้ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.2.1 ขั้นเตรียม

1. ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานของการเรียนวิชาฟิสิกส์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามขั้นตอนจนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง โดยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ประกอบด้วยความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ ความสามารถในการวางแผน ความสามารถในการหาคำตอบ และความสามารถในการประเมินคำตอบ

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และวิธีประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

4.2.2 สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ให้ครอบคลุมเนื้อหาตามมาตรฐานและตัวชี้วัด วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิต จำนวน 6 ชุด ชุดละ 2 ข้อ สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 10

ตาราง 10 วิเคราะห์แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ชุดที่	โจทย์ปัญหา	จำนวนข้อ
1	1. กฎของคูลอมบ์	2
2	2. สนามไฟฟ้า	2
3	3. ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	2
	4. ตัวเก็บประจุ	
4	4.1 ความจุของตัวเก็บประจุ	2
5	4.2 พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ	2
6	4.3 การต่อตัวเก็บประจุ	2
	รวม	**12**

โดยผู้วิจัยสร้างเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาด้วยการแสดงวิธีหาคำตอบโดยกำหนดเกณฑ์ความถูกต้อง 5 องค์ประกอบ (ตารางที่ 5) คือ 1. ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา 2. ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ 3. ความสามารถในการวางแผน 4. ความสามารถในการหาคำตอบ และ 5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ

4.2.3 ขั้นตรวจคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

1. นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจข้อคำถามและพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การตรวจให้คะแนน และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาโดยผู้วิจัยได้แก้ไขในประเด็นต่อไปนี้

1) ปรับแก้คำผิด และการใช้ภาษา ในแบบวัดฯ ให้ง่ายต่อการเข้าใจมากขึ้น

2) ปรับรูปแบบของแบบวัดให้มีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน

2. นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านโดยเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาและการสอนฟิสิกส์ ประเมินความสอดคล้องกับเมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของ

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้คือ อยู่ระหว่าง 0.5 – 1.00 (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, น. 248) และประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้

จากการนำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ของแบบวัดและความถูกต้องของเนื้อหาและประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ พบว่า แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำนวน 12 ข้อ มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของแบบวัดและความถูกต้องของเนื้อหาอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และมีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.00 – 4.67 สามารถนำไปวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ดังภาคผนวก ค

3. แก้ไขแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ในประเด็นดังนี้

1) ปรับรูปแบบของแบบวัดให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น

2) ปรับแก้การเขียนสัญลักษณ์ของปริมาณต่าง ๆ ให้ถูกต้อง เช่น ปริมาณที่เป็นปริมาณเวกเตอร์ เป็นต้น

4. นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 31 คน

5. นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มาตรวจแล้วค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยของ Whitney และ Sabers โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B – Index Win 7.0 สำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบแบบ

อัตนัยที่มีคะแนนไม่ใช่ 0 – 1 โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, น. 250) ซึ่งจากการนำแบบวัดมาวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำนวน 12 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.34 – 0.78 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.44 – 0.86 สามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้ ดังภาคผนวก ค

6. นำคะแนนของแบบวัดทั้ง 6 ชุด มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแต่ละชุดโดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's α- Coefficient) (Cronbach, 1990, p. 204) โดยค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดแต่ละชุดอยู่ระหว่าง 0.4111 – 0.858 ดังตารางที่ 11 และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบแต่ละชุดอยู่ระหว่าง 0.752 – 0.943

ตาราง 11 ค่าความเชื่อมั่นและค่าสหสัมพันธ์ของแบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ทั้งฉบับ

ชุดที่	ค่าความเชื่อมั่น	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์					
		ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6
1	0.563	1	0.928**	0.910**	0.795**	0.752**	0.756**
2	0.630	-	1	0.943**	0.806**	0.780**	0.765**
3	0.411	-	-	1	0.853**	0.808**	0.759**
4	0.601	-	-	-	1	0.937**	0.755**
5	0.580	-	-	-	-	1	0.758**
6	0.858	-	-	-	-	-	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

7. เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดแล้ว นำไปวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของกลุ่มที่ศึกษา

4.3 แบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

ในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบสอบถามความพึงพอใจแบบ Likert Scale ชนิด 5 ตัวเลือก มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้เพื่อนำมากำหนดขอบเขตและเนื้อหาของแบบสอบถาม

4.3.2 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนรู้ เป็นแบบ Likert scale ชนิด 5 ตัวเลือก โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ผู้สอน สื่อการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ด้านละ 5 ข้อ รวม 20 ข้อ ดังนี้

กรณีที่ 1 เป็นข้อความที่มีความหมายทางบวก มีคะแนนดังนี้

มีระดับความพึงพอใจในมากที่สุด	5	คะแนน
มีระดับความพึงพอใจในมาก	4	คะแนน
มีระดับความพึงพอใจในปานกลาง	3	คะแนน
มีระดับความพึงพอใจในน้อย	2	คะแนน
มีระดับความพึงพอใจในน้อยที่สุด	1	คะแนน

กรณีที่ 2 เป็นข้อความที่มีความหมายทางลบ มีคะแนนดังนี้

มีระดับความพึงพอใจในมากที่สุด	1	คะแนน
มีระดับความพึงพอใจในมาก	2	คะแนน
มีระดับความพึงพอใจในปานกลาง	3	คะแนน
มีระดับความพึงพอใจในน้อย	4	คะแนน
มีระดับความพึงพอใจในน้อยที่สุด	5	คะแนน

4.3.3 ขั้นตรวจคุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

1. นำแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์พิจารณาในด้านความเหมาะสมของภาษา ความสอดคล้องกับพฤติกรรม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ในประเด็นต่อไปนี้

1) ปรับแก้คำผิด และการใช้ภาษา ในแบบสอบถาม ให้ง่ายต่อการเข้าใจมากขึ้น

2) ปรับรูปแบบของแบบสอบถามให้มีความกระชับเข้าใจง่าย

2. นำแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้เสนอผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตรศึกษาและการสอนฟิสิกส์จำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของรายการประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจฯ โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) มีเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจฯ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่ารายการประเมินมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจฯ

-1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินไม่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจฯ

ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ว่าแบบสอบถามมีคุณภาพคือ อยู่ระหว่าง 0.50 – 1.00 (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, น. 248) และประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้

จากการนำแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้องของรายการประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจฯ และประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ พบว่า ในด้านการจัดการเรียนรู้มีค่าความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 มีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และในด้านผู้สอน สื่อในการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.33 – 4.67 สามารถนำไปวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ได้ ดังภาคผนวก ค

3. แก้ไขแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชียวชาญ ในประเด็นดังนี้

1) ปรับข้อคำถามแต่ละด้านให้มีข้อคำถามเชิงนิเสธด้วย เช่น ครูไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามปัญหาจากครูได้ เป็นต้น

2) ปรับข้อคำถาม การใช้ภาษา ให้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย เช่น นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มากขึ้น เป็นต้น

4. นำแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 31 คน

5. นำไปใช้สอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ กลุ่มที่ศึกษา

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. เลือกกลุ่มที่ศึกษาได้มาจากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 จำนวน 37 คน

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบที่ใช้ ให้กลุ่มที่ศึกษาจำนวน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 55 นาที รวบรวมผลการทดสอบของนักเรียนจากขั้นตอนทดสอบรายบุคคล

3. วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต แล้วนำมาตรวจให้คะแนน

4. วัดความพึงพอใจในการเรียนรู้

5. เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จากการเรียนรู้ของนักเรียนวิธีการดังนี้

6.1.1 หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

6.1.2 วิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จากคะแนนการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่อง ไฟฟ้าสถิตจำนวน 12 ข้อ โดยมีเกณฑ์การวัดและประเมินผล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2557, น. 17) ดังนี้

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
80 – 100	คุณภาพการปฏิบัติดีเยี่ยม
65 – 79	คุณภาพการปฏิบัติดี
50 – 64	คุณภาพการปฏิบัติผ่าน
0 – 49	คุณภาพการปฏิบัติไม่ผ่าน

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มาเทียบเคียงแล้วอิงเกณฑ์การวัดประเมินผล และแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนน ดังนี้

ช่วงคะแนน	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
15.9 – 20.0	ระดับดีเยี่ยม
12.9 – 15.8	ระดับดี
9.9 – 12.8	ระดับผ่าน
0.0 – 9.8	ระดับไม่ผ่าน

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีวิธีการดังนี้

6.2.1 คำนวณคะแนนพัฒนาการจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 6 ครั้งของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการ และแปลคะแนนตามเกณฑ์ระดับพัฒนาการ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, น.266) ดังนี้

คะแนนพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
76 – 100	มีระดับพัฒนาการสูงมาก
51 – 75	มีระดับพัฒนาการสูง
26 – 50	มีระดับพัฒนาการปานกลาง
0 – 25	มีระดับพัฒนาการต่ำ

6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความพึงใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน มีวิธีการดังนี้

6.3.1 หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, 39) ดังนี้

4.51 – 5.00	หมายถึง	พึงพอใจระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง	พึงพอใจระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	พึงพอใจระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง	พึงพอใจระดับน้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง	พึงพอใจระดับน้อยที่สุด
1.00 – 1.50	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่

7.1.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency, IOC)เพื่อประเมินความสอดคล้องของ

1. แผนการจัดการเรียนรู้

2. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3. แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, น. 248) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

7.1.2 ค่าความยากง่าย (Index of Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Index of Discrimination) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยของ Whitney และ Sabers ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B-Index Win 7.0 หรือใช้สูตรดังนี้

การหาค่าความยากง่ายโดยใช้สูตร Whithney and Sabers (1970)

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความยาก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

การเลือก ควรเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80

การหาค่าอำนาจจำแนก (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, น. 201)

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

การเลือก ควรเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

7.1.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's **α**- Coefficient) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B-Index Win 7.0 (ราตรี นันทสุคนธ์, 2553, น. 253)ดังนี้

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1-\frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right\}$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อของแบบวัด

$\sum s_i^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อหนึ่ง ๆ

s_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบวัด

7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

7.2.1 ร้อยละ (Percentage) โดยการใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 104)

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{ตัวเลขที่ต้องการเปรียบเทียบ}}{\text{จำนวนเต็ม}} \times 100$$

7.2.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยการใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 105)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

7.2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยการใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 106)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง

$\left(\sum X\right)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

7.2.4 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ คำนวณจากสูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, น. 266)

$$GS(\%) = \frac{Y - X}{F - X} \times 100$$

เมื่อ $GS(\%)$ แทน คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน

X แทน คะแนนวัดครั้งก่อน

Y แทน คะแนนวัดครั้งหลัง

F แทน คะแนนเต็ม

8. การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยในสาขาวิชา วิทยาศาสตรศึกษา ซึ่งต้องมีการดำเนินการศึกษาวิจัยในมนุษย์ จึงมีความจำเป็นต้องระมัดระวังและวางแผนงานวิจัยอย่างละเอียดรอบคอบ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเพื่อขอการรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยได้รับการรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมตามหนังสือหมายเลข SWUEC-G-337/2563 วันที่ 3 ธันวาคม 2563 (โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ และแพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ ประธานกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ เป็นผู้ลงนามในภาคผนวก ข) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยไปยังผู้อำนวยการสถานศึกษาสำหรับการเก็บข้อมูลวิจัยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในระหว่างวันที่ 1 ถึง 31 มกราคม 2564 และทำการชี้แจงรายละเอียดของงานวิจัยกับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสำหรับผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี ซึ่งข้อมูลวิจัยที่ได้ผู้วิจัยได้ทำการรักษาสิทธิของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการใช้หมายเลขเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน เพื่อเป็นการรักษาข้อมูลส่วนตัว และเปิดเผยเฉพาะผลสรุปการวิจัยเท่านั้น

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ผลคะแนนของนักเรียนจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 6 ครั้ง โดยนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละครั้งมาทำการแปลผลระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามเกณฑ์การให้คะแนน พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้น โดยครั้งที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.65 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.88 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับไม่ผ่าน ครั้งที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.08 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.93 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับผ่าน ครั้งที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.05 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.94 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับผ่าน ครั้งที่ 4 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.86 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับดี ครั้งที่ 5 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.70 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.76 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับดี และครั้งที่ 6 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ

18.41 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับดีเยี่ยม ดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลคะแนนและระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน

คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	N	**คะแนนเต็ม**	max	min	$\overline{X}$	S.D.	**ระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา**
ครั้งที่ 1	37	20	20	0	7.65	0.88	ไม่ผ่าน
ครั้งที่ 2	37	20	20	2	10.08	0.93	ผ่าน
ครั้งที่ 3	37	20	20	5	12.05	0.94	ผ่าน
ครั้งที่ 4	37	20	20	6	14.30	0.86	ดี
ครั้งที่ 5	37	20	20	9	15.70	0.76	ดี
ครั้งที่ 6	37	20	20	11	18.41	0.50	ดีเยี่ยม

เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบจากการทำแบบวัดจำนวน 6 ครั้ง โจทย์ปัญหาครั้งละ 2 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 2 คะแนน รวมคะแนนเต็มแต่ละองค์ประกอบของโจทย์ปัญหาทั้ง 12 ข้อ เป็น 4 คะแนน พบว่า ในองค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.72 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 องค์ประกอบที่ 2 ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.79 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75 องค์ประกอบที่ 3 ความสามารถในการวางแผน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.88 องค์ประกอบที่ 4 ความสามารถในการหาคำตอบ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.01 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.96 และองค์ประกอบที่ 5 ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.98 ดังตารางที่ 13

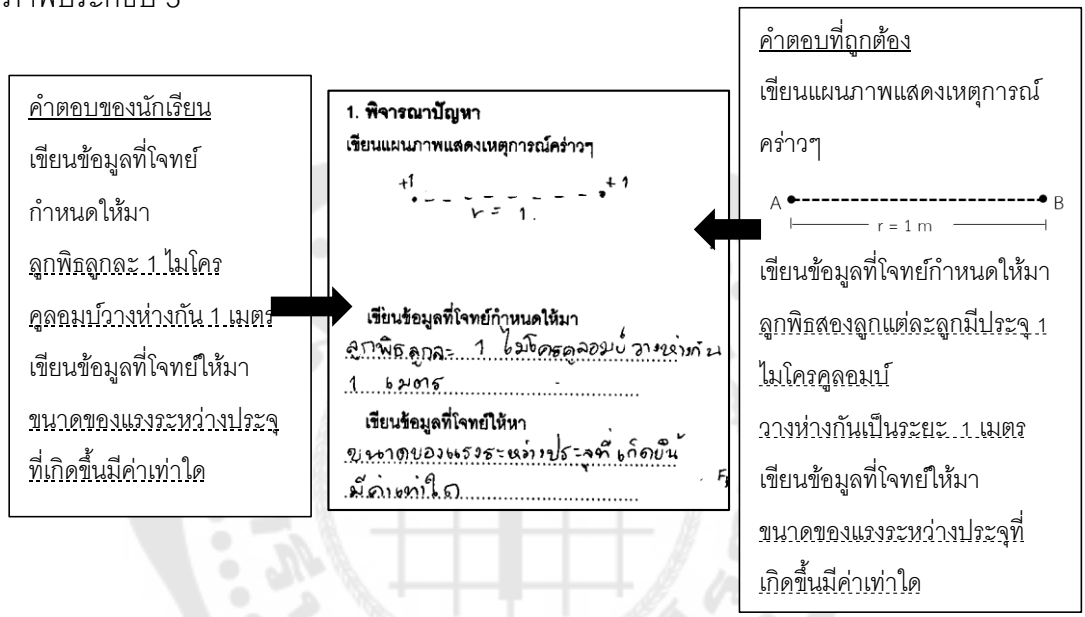
ตาราง 13 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนรายองค์ประกอบ

องค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	n	**คะแนนเต็ม**	**ครั้งที่ 1**		**ครั้งที่ 2**		**ครั้งที่ 3**		**ครั้งที่ 4**		**ครั้งที่ 5**		**ครั้งที่ 6**		**รวม**	
			$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.
ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	37	4	3.27	0.61	3.62	0.51	3.70	0.46	3.76	0.47	3.95	0.23	4.00	0.00	**3.72**	**0.45**
ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์	37	4	1.76	0.78	2.22	0.77	2.65	0.83	3.08	0.69	3.30	0.53	3.76	0.33	**2.79**	**0.75**
ความสามารถในการวางแผน	37	4	1.43	0.88	2.11	0.93	2.57	0.94	3.05	0.83	3.65	0.53	3.89	0.28	**2.78**	**0.88**
ความสามารถในการหาคำตอบ	37	4	0.65	0.70	1.30	0.91	1.84	0.98	2.43	0.95	2.54	0.90	3.51	0.59	**2.01**	**0.96**
ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ	37	4	0.54	0.69	0.84	0.79	1.30	0.93	1.97	0.99	2.27	1.00	3.24	0.79	**1.69**	**0.98**
รวม		20	**7.65**	**0.88**	**10.08**	**0.93**	**12.05**	**0.94**	**14.30**	**0.86**	**15.70**	**0.76**	**18.41**	**0.50**		

โดยคำตอบของนักเรียนสะท้อนถึงพฤติกรรมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในแต่องค์ประกอบของ ดังนี้

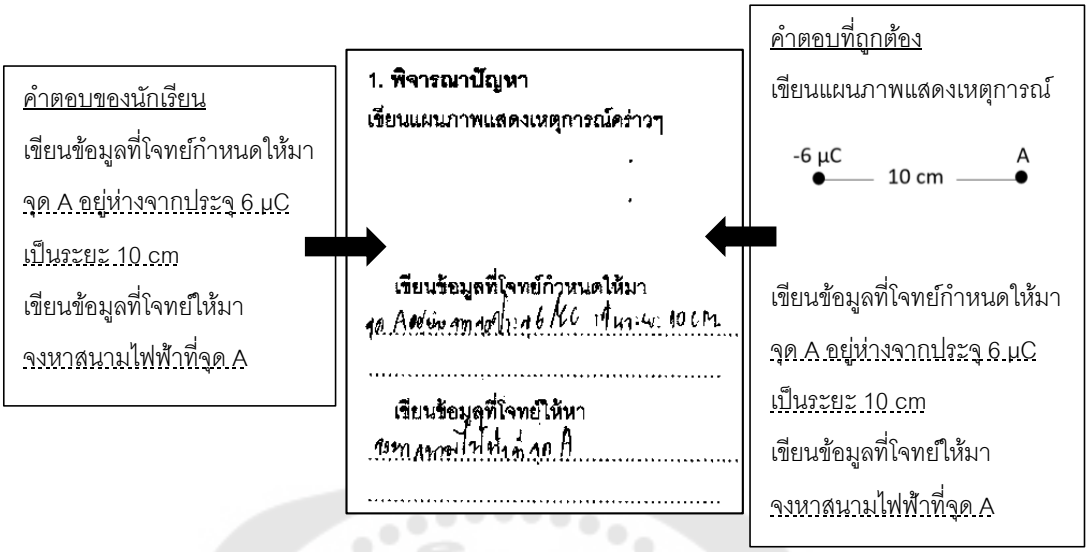
1. ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

เมื่อนักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 2 คะแนน ดังภาพประกอบ 3



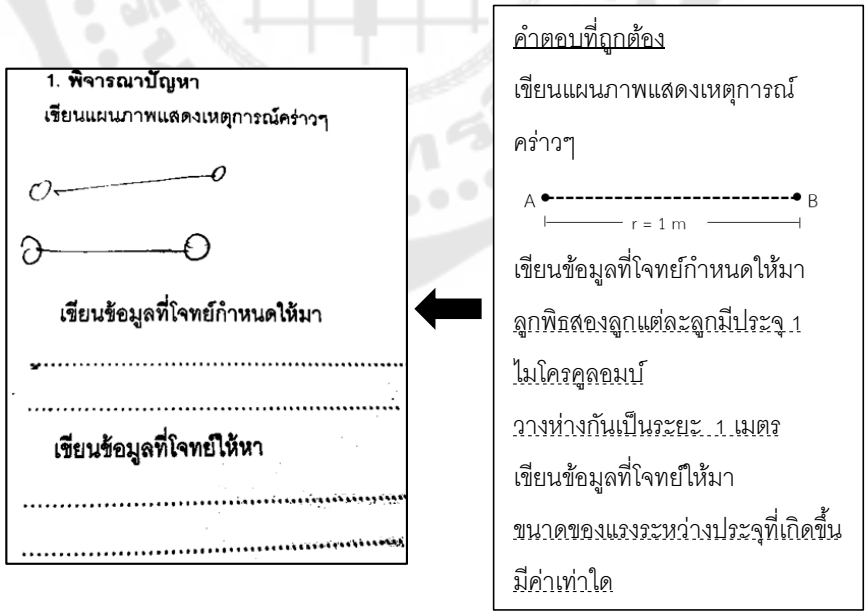
ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 2

เมื่อนักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียนสามารถเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถเขียนแผนภาพอย่างคร่าว ๆ ได้ นักเรียนจะได้รับ 1 คะแนน ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 20

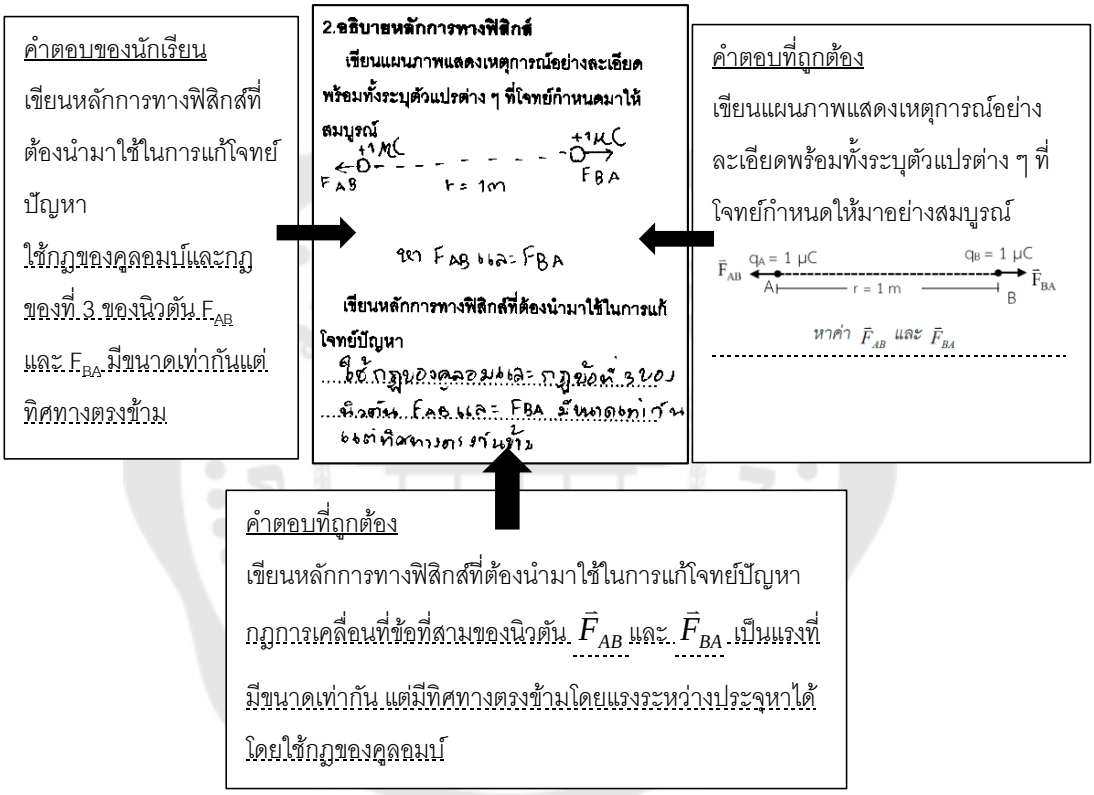
เมื่อนักเรียนเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาและแผนภาพอย่างคร่าว ๆ และเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน นักเรียนจะได้รับ 0 คะแนน ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 34

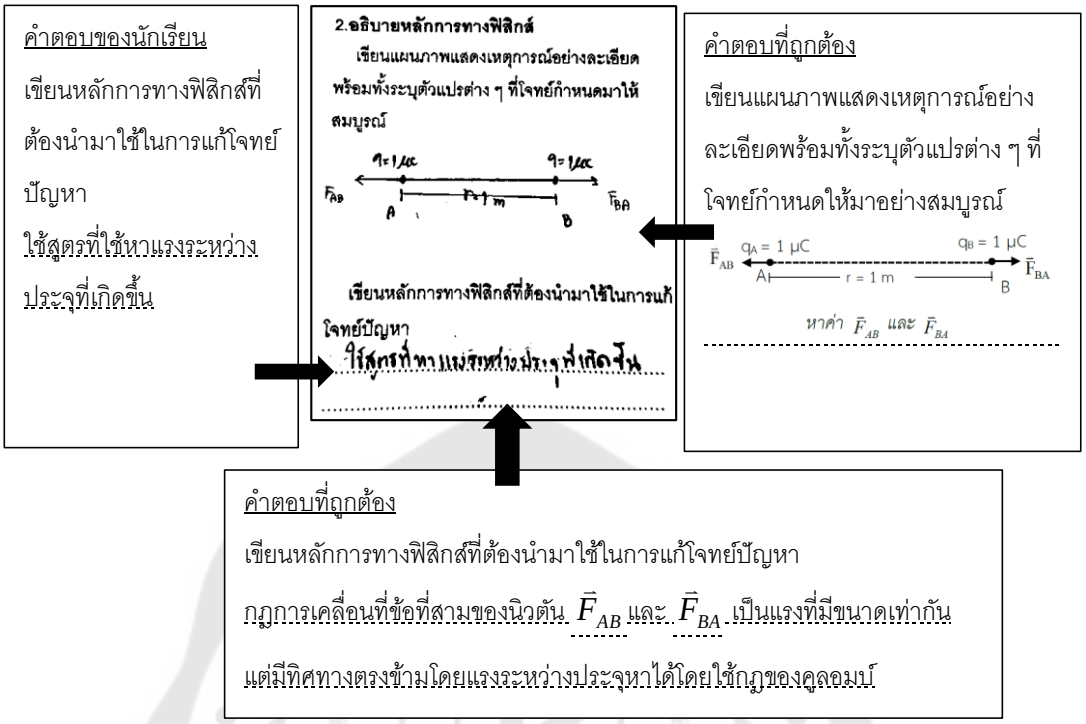
2. ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์

เมื่อนักเรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ(Free body diagram)จากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 2 คะแนน ดังภาพประกอบ 6



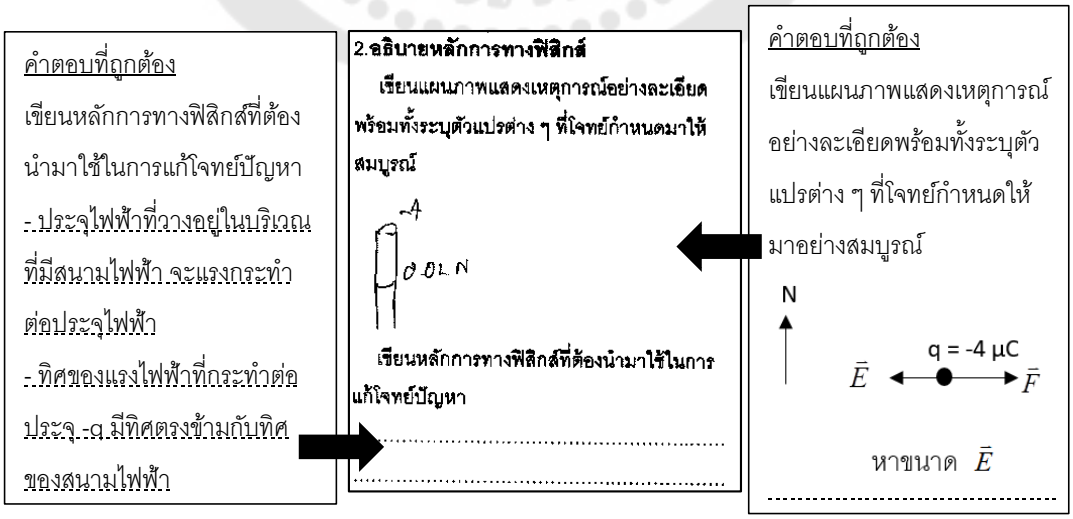
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 2

เมื่อนักเรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระจากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียดและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 1 คะแนน ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 22

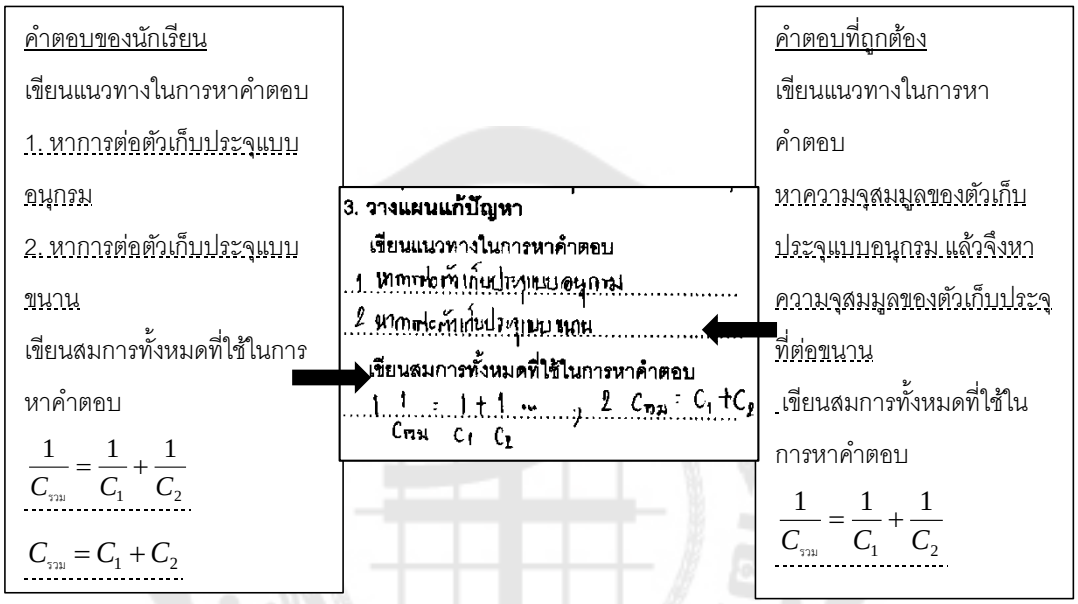
เมื่อนักเรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระจากข้อมูลที่โจทย์ให้มาอย่างละเอียด เขียนตัวแปรต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ และระบุว่าควรใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ใดในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 0 คะแนน ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 24

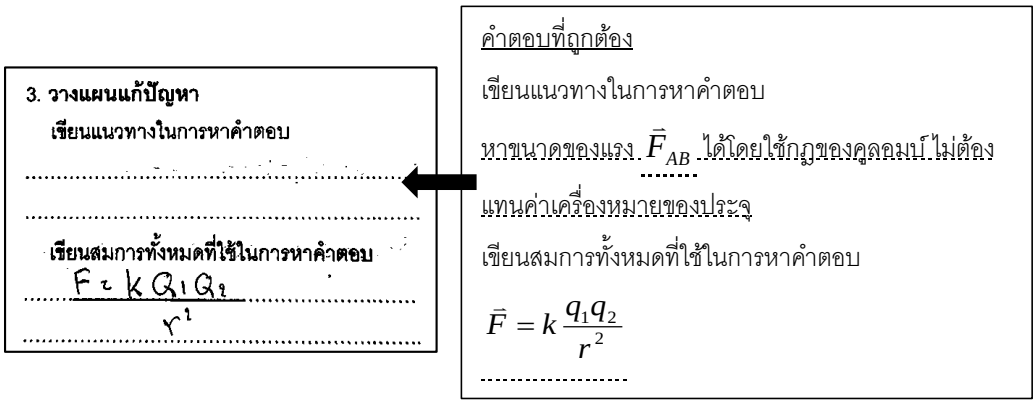
3. ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา

เมื่อนักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 2 คะแนน ดังภาพประกอบ 9



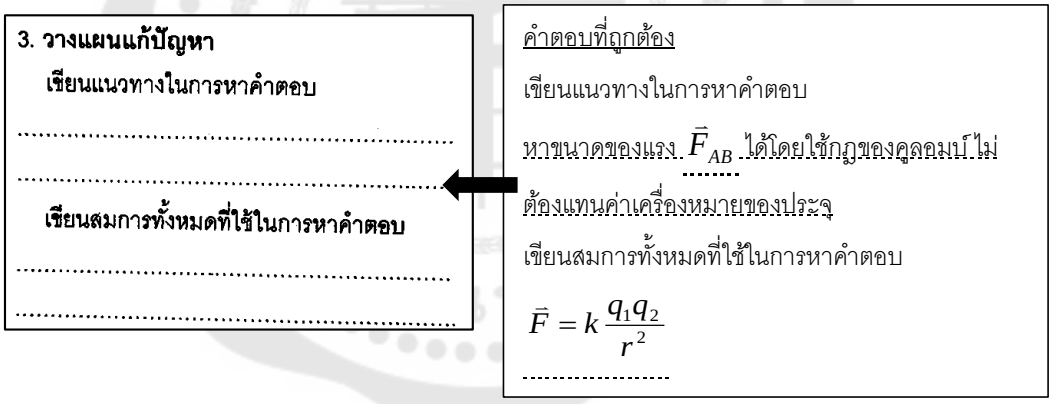
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 6 ของนักเรียนคนที่ 22

เมื่อนักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียนไม่เขียนแนวทางในการหาคำตอบแต่นักเรียนเขียนสมการทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบได้ถูกต้อง นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 1 คะแนน ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 13

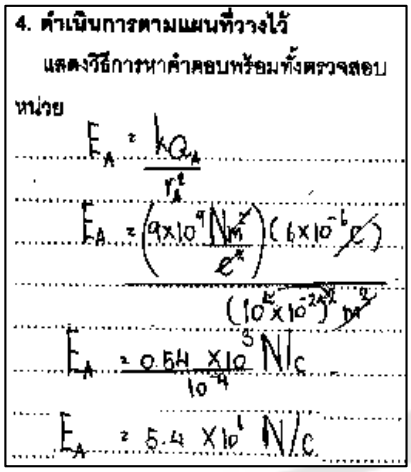
เมื่อนักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรจากโจทย์ปัญหาออกมาในรูปสัญลักษณ์หรือสมการทางฟิสิกส์ไม่ถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางในการหาคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 0 คะแนน ดังภาพประกอบ 11

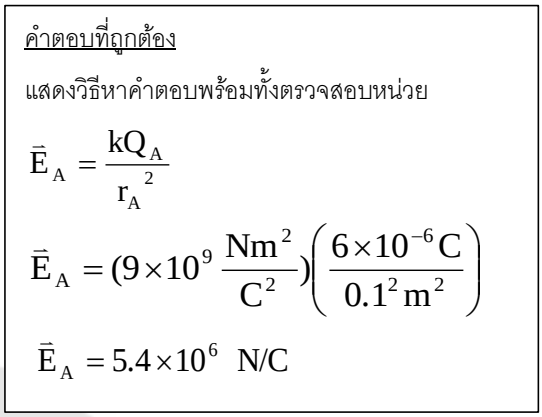


ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 1 ของนักเรียนคนที่ 26

4. ความสามารถในการหาคำตอบ

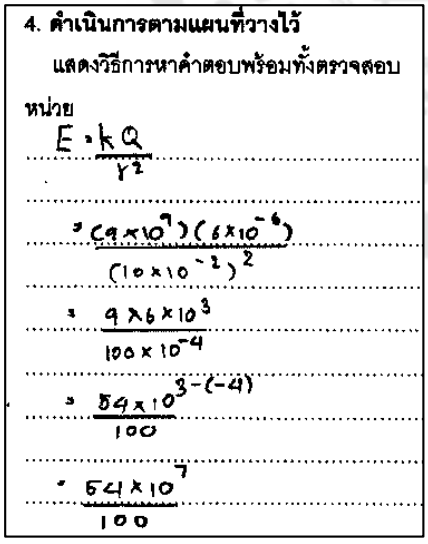
เมื่อนักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์พร้อมทั้งตรวจสอบหน่วยได้ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 2 คะแนน ดังภาพประกอบ 12

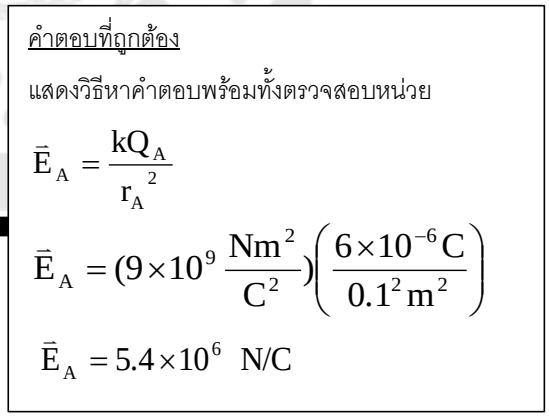




ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 16

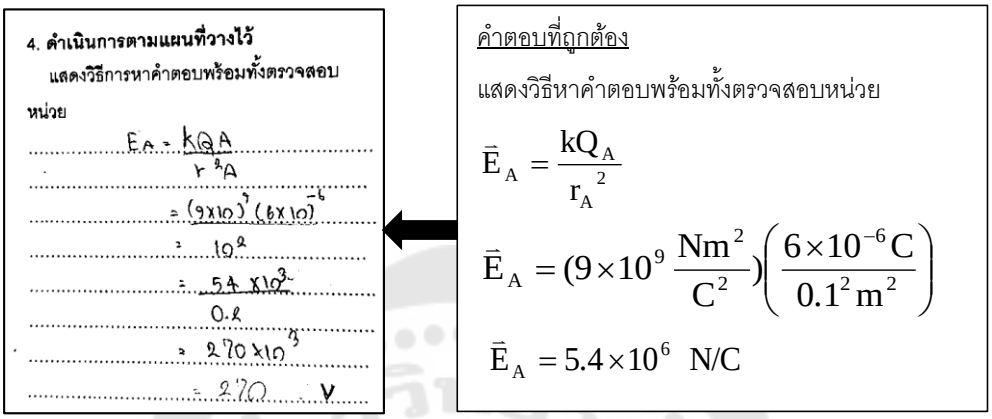
เมื่อนักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้อง แต่คำตอบยังไม่สมบูรณ์ และไม่ได้ตรวจสอบหน่วย นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 1 คะแนน ดังภาพประกอบ 13





ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 2 ของนักเรียนคนที่ 21

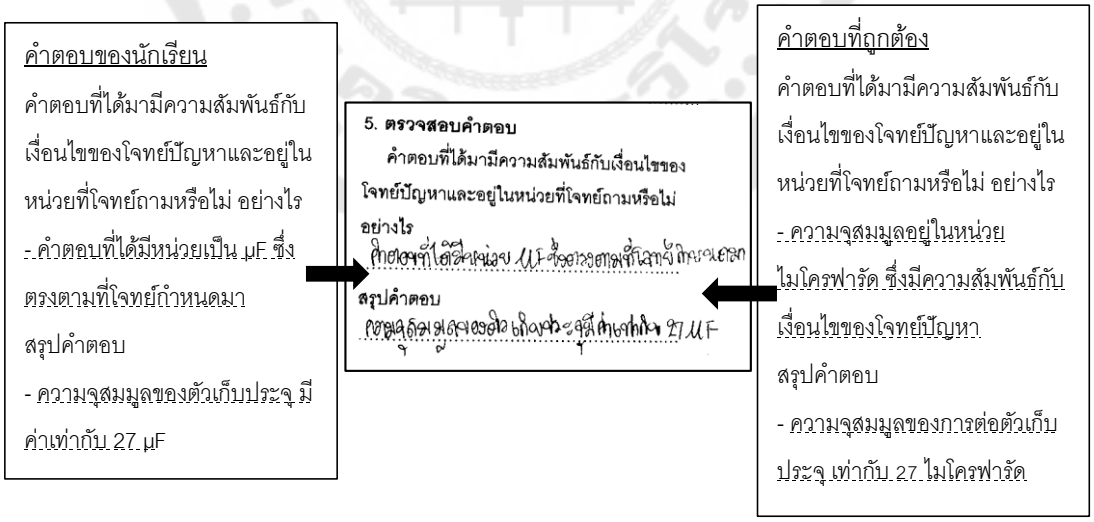
เมื่อนักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 0 คะแนน ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 29 ของนักเรียนคนที่ 17

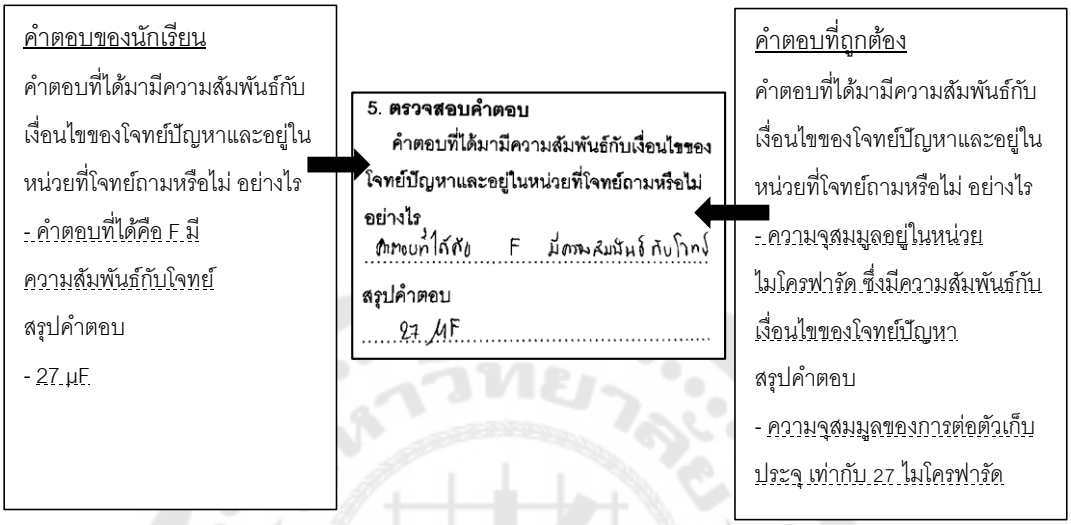
5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ

เมื่อนักเรียนตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบที่ถูกต้องได้ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 2 คะแนน ดังภาพประกอบ 15



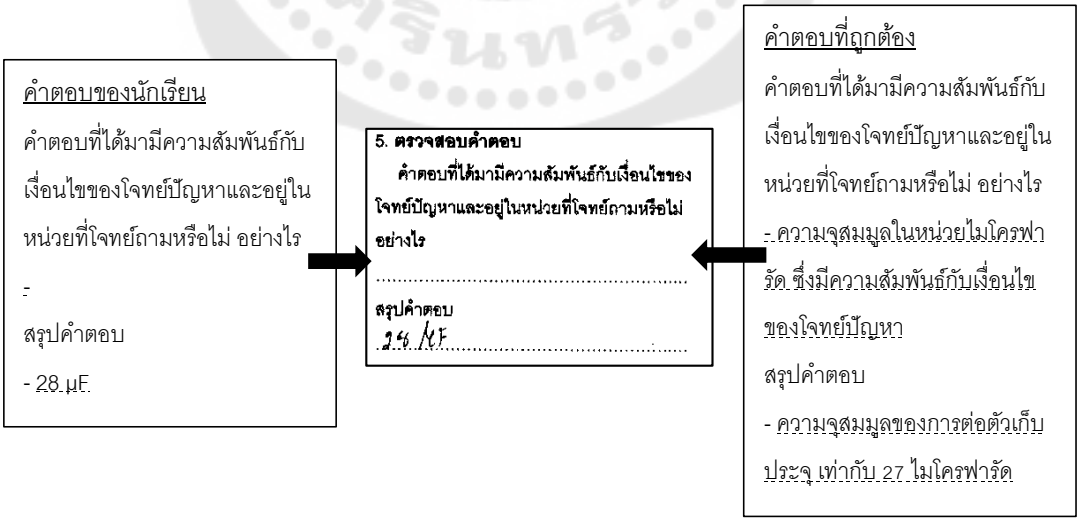
ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 6 ของนักเรียนคนที่ 23

เมื่อนักเรียนตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบที่ถูกต้องได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 1 คะแนน ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 6 ของนักเรียนคนที่ 15

เมื่อนักเรียนตรวจคำตอบที่ได้มาให้สัมพันธ์กับเงื่อนไขโจทย์และสรุปคำตอบที่ถูกต้องไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน นักเรียนจะได้รับคะแนนข้อละ 0 คะแนน ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างการตอบคำถามชุดที่ 6 ของนักเรียนคนที่ 7

2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์พัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน โดยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำนวน 6 ครั้ง มาวิเคราะห์หาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และแปลผลระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามเกณฑ์ พบว่า ในระยะที่ 1 และในระยะที่ 2 นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการเฉลี่ยร้อยละ 26.08 และ 43.38 ตามลำดับ มีพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะที่ 3 และในระยะที่ 4 นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 60.29 และ 69.27 ตามลำดับ มีพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับสูง และในระยะที่ 5 นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 87.80 มีพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับสูงมาก ดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

คนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์						คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 2 (%) (ระยะที่ 1)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 3 (%) (ระยะที่ 2)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 4 (%) (ระยะที่ 3)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 5 (%) (ระยะที่ 4)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 6 (%) (ระยะที่ 5)	ระดับพัฒนาการ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6										
1	2	3	5	6	9	11	5.56	ต่ำ	16.67	ต่ำ	22.22	ต่ำ	38.89	กลาง	50.00	กลาง
2	20	20	20	20	20	20	0.00	ต่ำ	0.00	ต่ำ	0.00	ต่ำ	0.00	ต่ำ	0.00	ต่ำ
3	14	20	20	20	20	20	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
4	16	20	20	20	20	20	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
5	4	5	8	9	11	14	6.25	ต่ำ	25.00	ต่ำ	31.25	กลาง	43.75	กลาง	62.50	สูง
6	5	12	13	18	20	20	46.67	กลาง	53.33	สูง	86.67	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
7	9	10	10	12	14	20	9.09	ต่ำ	9.09	ต่ำ	27.27	กลาง	45.45	กลาง	100.00	สูงมาก
8	1	3	8	7	10	13	10.53	ต่ำ	36.84	กลาง	31.58	กลาง	47.37	กลาง	63.16	สูง
9	13	15	17	20	20	20	28.57	ต่ำ	57.14	สูง	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
10	14	16	17	20	20	20	33.33	ต่ำ	50.00	กลาง	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
11	7	8	11	12	15	20	7.69	ต่ำ	30.77	กลาง	38.46	กลาง	61.54	สูง	100.00	สูงมาก
12	11	14	15	17	15	20	33.33	กลาง	44.44	กลาง	66.67	สูง	44.44	กลาง	100.00	สูงมาก

ตาราง 14 (ต่อ)

คนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์						คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 2 (%) (ระยะที่ 1)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 3 (%) (ระยะที่ 2)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 4 (%) (ระยะที่ 3)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 5 (%) (ระยะที่ 4)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 6 (%) (ระยะที่ 5)	ระดับพัฒนาการ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6										
13	7	10	10	12	14	18	2.31	ต่ำ	23.08	ต่ำ	38.46	กลาง	53.85	สูง	84.62	สูงมาก
14	15	18	20	20	20	20	60.00	สูง	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
15	9	10	12	15	16	20	9.09	ต่ำ	27.27	กลาง	54.55	สูง	63.64	สูง	100.00	สูงมาก
13	7	10	10	12	14	18	2.31	ต่ำ	23.08	ต่ำ	38.46	กลาง	53.85	สูง	84.62	สูงมาก
14	15	18	20	20	20	20	60.00	สูง	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
16	15	16	20	20	20	20	20.00	ต่ำ	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
15	9	10	12	15	16	20	9.09	ต่ำ	27.27	กลาง	54.55	สูง	63.64	สูง	100.00	สูงมาก
17	4	5	5	10	14	16	6.25	ต่ำ	6.25	ต่ำ	37.50	ต่ำ	38.89	กลาง	50.00	กลาง
18	3	9	11	14	15	20	35.29	กลาง	47.06	กลาง	64.71	ต่ำ	0.00	ต่ำ	0.00	ต่ำ
19	4	8	9	10	12	16	25.00	ต่ำ	31.25	กลาง	37.50	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
20	11	12	20	20	20	20	11.11	ต่ำ	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
21	5	6	10	15	16	20	6.67	ต่ำ	33.33	กลาง	66.67	กลาง	43.75	กลาง	62.50	สูง
22	5	9	11	11	12	14	26.67	กลาง	40.00	กลาง	40.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
23	5	9	9	15	20	20	26.67	กลาง	26.67	กลาง	66.67	กลาง	45.45	กลาง	100.00	สูงมาก
24	7	7	9	18	16	20	0.00	ต่ำ	15.38	ต่ำ	84.62	กลาง	47.37	กลาง	63.16	สูง

ตาราง 14 (ต่อ)

คนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์						คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 2 (%) (ระยะที่ 1)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 3 (%) (ระยะที่ 2)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 4 (%) (ระยะที่ 3)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 5 (%) (ระยะที่ 4)	ระดับพัฒนาการ	คะแนนพัฒนาการครั้งที่ 1 และ 6 (%) (ระยะที่ 5)	ระดับพัฒนาการ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6										
25	3	6	7	8	12	14	17.65	ต่ำ	23.53	ต่ำ	29.41	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
26	4	9	13	20	20	20	31.25	กลาง	56.25	สูง	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
27	7	8	11	10	16	20	7.69	ต่ำ	30.77	กลาง	23.08	กลาง	61.54	สูง	100.00	สูงมาก
28	14	20	20	20	20	20	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูง	44.44	กลาง	100.00	สูงมาก
29	18	20	20	20	20	20	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	กลาง	53.85	สูง	84.62	สูงมาก
30	3	8	11	11	12	20	29.41	กลาง	47.06	กลาง	47.06	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
31	3	9	9	10	14	20	35.29	กลาง	35.29	กลาง	41.18	สูง	63.64	สูง	100.00	สูงมาก
32	3	5	8	8	12	15	11.76	ต่ำ	29.41	กลาง	29.41	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
33	8	7	12	15	16	20	0.00	ต่ำ	33.33	กลาง	58.33	สูง	66.67	สูง	100.00	สูงมาก
34	3	4	5	9	11	16	5.88	ต่ำ	11.76	ต่ำ	35.29	กลาง	47.06	กลาง	76.47	สูงมาก
35	6	6	9	19	20	20	0.00	ต่ำ	21.43	ต่ำ	92.86	สูงมาก	100.00	สูงมาก	100.00	สูงมาก
36	0	2	5	10	10	18	10.00	ต่ำ	25.00	ต่ำ	50.00	กลาง	50.00	กลาง	90.00	สูงมาก
37	3	4	6	8	9	16	5.88	ต่ำ	17.65	ต่ำ	29.41	กลาง	35.29	กลาง	76.47	สูงมาก
ค่าเฉลี่ย							**26.08**	**กลาง**	**43.38**	**กลาง**	**60.29**	**สูง**	**69.27**	**สูง**	**87.80**	**สูงมาก**

เมื่อพิจารณาระดับพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาสามารถจัดกลุ่มระดับพัฒนาการของนักเรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการระยะที่ 1 และระยะที่ 5 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มพัฒนาการ ดังตารางที่ 15

ตาราง 15 จำนวนนักเรียนและร้อยละในแต่ละกลุ่มพัฒนาการ

กลุ่มระดับพัฒนาการ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
ต่ำ – ต่ำ	1	2.70
ต่ำ – กลาง	1	2.70
ต่ำ – สูง	6	16.22
ต่ำ – สูงมาก	16	43.25
กลาง – สูง	1	2.70
กลาง – สูงมาก	7	18.92
สูง – สูงมาก	1	2.70
สูงมาก – สูงมาก	4	10.81

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบที่ใช้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จากการทำแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละด้านมาทำการแปลผลระดับความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์การให้คะแนน พบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับความพึงพอใจมากถึงมากที่สุดในทุกรายการประเมิน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 ซึ่งด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากเป็นอันดับแรกคือ ด้านผู้สอน มีคะแนนเฉลี่ย 4.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 รองลงมาคือ ด้านการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ย 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ย 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 และด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากเป็นอันดับสุดท้าย คือด้านการวัดและประเมินผลมีคะแนนเฉลี่ย 4.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 ดังตาราง 16

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจของนักเรียน

ข้อความ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการจัดการเรียนรู้			
1. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น	4.23	0.61	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน	4.55	0.51	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	4.27	0.70	มาก
4. นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มากขึ้น	4.18	0.80	มาก
5. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ด้วยตนเอง	3.64	0.79	มาก
เฉลี่ย	**4.17**	**0.68**	**มาก**
ด้านผู้สอน			
6. ครูผู้สอนดูแลเอาใจใส่การเรียนรู้ของนักเรียนอย่างทั่วถึง	4.36	0.58	มาก
7. ครูผู้สอนให้แนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างชัดเจน	4.27	0.77	มาก
8. ครูผู้สอนมีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหา	4.36	0.66	มาก
9. ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามจากครูได้	4.59	0.59	มากที่สุด
10. ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นจากเพื่อน	4.59	0.59	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.44**	**0.64**	**มาก**
ด้านสื่อในการจัดการเรียนรู้			
11. สื่อในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.36	0.66	มาก
12. สื่อในการจัดการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี	4.23	0.75	มาก
13. สื่อในการจัดการเรียนรู้สามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้	4.00	0.76	มาก
14. สื่อในการจัดการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ง่ายขึ้น	4.05	0.72	มาก
15. สื่อในการจัดการเรียนรู้ มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4.14	0.71	มาก
เฉลี่ย	**4.15**	**0.72**	**มาก**

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อความ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการวัดและประเมินผล			
16. นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินตนเอง	4.23	0.69	มาก
17. การวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.05	0.65	มาก
18. แบบทดสอบเหมาะสมกับเวลา	3.91	0.68	มาก
19. ในการทดสอบแต่ละครั้ง มีการเปิดเผยคะแนนให้นักเรียนทราบ	3.82	0.80	มาก
20. การวัดและประเมินผลมีเกณฑ์ที่ชัดเจนและยุติธรรม	4.64	0.49	มาก
เฉลี่ย	**4.13**	**0.66**	**มาก**
รวมเฉลี่ย	**4.22**	**0.68**	**มาก**

หมายเหตุ ผู้วิจัยได้ปรับข้อคำถามของแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้และค่าคะแนนเชิงลบเป็นเชิงบวก ดังนี้

ด้านการจัดการเรียนรู้	ข้อ 5
ด้านผู้สอน	ข้อ 9
ด้านการวัดและประเมินผล	ข้อ 16 และ 18

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

2. เพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

3. เพื่อศึกษาความพึงใจในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สมมติฐานในการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65

2. พัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงขึ้น

3. นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ เฉลี่ยอยู่ในระดับมากขึ้นไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 37 คน ได้มาจากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) โดยเป็นชั้นเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 3 เครื่องมือ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ บทเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิต จำนวน 6 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แผนละ 3 คาบ (165 นาที) ประกอบด้วย แผนที่ 1 เรื่อง กฎของคูลอมบ์ แผนที่ 2 เรื่อง สนามไฟฟ้า แผนที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ แผนที่ 4 เรื่อง ความจุของตัวเก็บประจุ แผนที่ 5 เรื่อง พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และแผนที่ 6 เรื่องการต่อตัวเก็บประจุ ซึ่งในแต่ละแผนใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบที่ใช้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้มีค่าอยู่ระหว่าง 3.67 – 4.67 อยู่ในระดับความเหมาะสมมากขึ้นไป

2. แบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีทั้งหมด 6 ชุดตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้ แต่ละชุดจำนวน 2 ข้อ รวมแบบวัดทั้งหมดเป็นจำนวน 12 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ โดยแบบวัดได้รับการประเมินความความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์และความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ค่าดัชนีความสอดคล้องโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้มีค่าอยู่ระหว่าง 4.00 – 4.67 อยู่ในระดับความเหมาะสมมากขึ้นไป จากนั้นนำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 31 คน พบว่า แบบวัดมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.34 – 0.78 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.44 – 0.86 สามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้ และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α- Coefficient) ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดแต่ละชุดอยู่ระหว่าง 0.4111 – 0.858 และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบแต่ละชุดอยู่ระหว่าง 0.752 – 0.943

3. แบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบสอบถามความพึงพอใจแบบ Likert Scale ชนิด 5 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านผู้สอน ด้านสื่อในการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ด้านละ 5 ข้อ รวมจำนวน 20

ข้อ แบบสอบถามได้รับการประเมินความสอดคล้องของรายการประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะของความพึงพอใจฯ และความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ในด้านการจัดการเรียนรู้มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 มีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และในด้านผู้สอน สื่อในการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.33 – 4.67

ผู้วิจัยทำการการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษามาจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบที่ใช้ให้กลุ่มที่ศึกษาจำนวน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 55 นาที โดยรวบรวมผลการทดสอบของนักเรียนจากขั้นตอนทดสอบรายบุคคลจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 6 แผนได้ทำการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสอบถาม หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษาต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ในครั้งที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับไม่ผ่าน ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับผ่าน ครั้งที่ 4 และครั้งที่ 5 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับดี และครั้งที่ 6 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับดีเยี่ยม

2. ผลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เมื่อพิจารณาแยกตามองค์ประกอบโดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยรวมในองค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหามากที่สุด รองลงมาคือองค์ประกอบที่ 2 ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ องค์ประกอบที่ 3 ความสามารถในการวางแผน องค์ประกอบที่ 4 ความสามารถในการหาคำตอบและองค์ประกอบที่ 5 ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบตามลำดับ

3. ผลคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 6 ครั้ง ในระยะที่ 1 และในระยะที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับปานกลาง ในระยะที่ 3 และในระยะที่ 4 นักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับสูง และในระยะที่ 5 นักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับสูงมาก

4. ผลของความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยภาพรวมอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ซึ่งด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากเป็นอันดับแรกคือ ด้านผู้สอน รองลงมาคือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลตามลำดับ

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้แบ่งประเด็นการอภิปรายเป็น 4 ประเด็น ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนจากการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน พบว่า ผลคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำนวน 6 ครั้ง ของนักเรียนแตกต่างกัน โดยในครั้งที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับไม่ผ่าน ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ในระดับผ่าน ครั้งที่ 4 และครั้งที่ 5 ในระดับดี และครั้งที่ 6 ในระดับดีเยี่ยม โดยจากงานวิจัยนี้ได้นำกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ 1. พิจารณาปัญหา 2.อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3. วางแผนแก้ปัญหา 4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และ 5. ตรวจสอบคำตอบ มาสอดแทรกในการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ในขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม และขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย โดยการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาของบทเรียนโดยครูนำเสนอเนื้อหาให้แก่นักเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เช่น การบรรยาย สาธิต อธิบายและแสดงเหตุผล ใช้คำถาม เป็นต้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำนวน 2 -3 ตัวอย่าง โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาข้างต้นในแต่ละแผนการจัดการ

เรียนรู้เพื่อแนวเป็นทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ให้แก่นักเรียน จากนั้นในขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่มย่อย โดยคละความสามารถทางการเรียน ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนเก่ง ปานกลางและอ่อน โดยครูพิจารณาจากผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ผ่านมา หลังจากที่ครูนำเสนอบทเรียนแล้ว แต่ละกลุ่มได้รับมอบหมายให้ร่วมกันทำใบงานเพื่อเป็นการฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จำนวน 3 ข้อ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการช่วยแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สมาชิกในแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันอภิปราย ปรึกษาหารือ ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน นักเรียนเก่งจะคอยสอนและอธิบายให้นักเรียนอ่อน นักเรียนอ่อนสอบถามเมื่อมีข้อสงสัย โดยสมาชิกภายในกลุ่มมีการเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละข้อ รวมถึงช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้มา ในระหว่างที่นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่มครูเป็นผู้ตอบคำถามเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัยและตรวจสอบความเข้าใจของเรียนด้วยคำถาม หลังจากนั้น ขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย เป็นการทดสอบย่อยรายบุคคลของนักเรียน โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในขั้นที่ 1 และได้ฝึกการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ผ่านการทำงานเป็นทีมในขั้นที่ 2 ทำให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีทักษะและความเข้าใจช่วยให้นักเรียนมีแนวโน้มความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ครั้งที่ 1 จะเห็นว่าโดยเฉลี่ยนักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับไม่ผ่าน อาจเนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่คุ้นเคย และไม่สามารถเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ได้ดีเท่าที่ควร แต่มีนักเรียนบางคนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดีทำให้คะแนนสูงสุดในการทำแบบวัดครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับคะแนนเต็ม เมื่อพิจารณาภูมิหลังของนักเรียนที่ได้คะแนนสูงตั้งแต่ในครั้งที่ 1 พบว่า นักเรียนจำนวน 1 คน มีความรู้พื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์และมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558) ซึ่งกล่าวว่า กลวิธีแก้ปัญหานี้ไม่สามารถใช้ได้ดีกับนักเรียนทุกคน แต่จะเหมาะสมกับนักเรียนที่มีพื้นฐานทางความรู้ดีในระดับหนึ่ง ส่วนนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้ไม่ดีพอจะใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวไม่ดีเท่าที่ควร แต่เมื่อนักเรียนได้รับการเรียนรู้ข้างต้นซ้ำในครั้งถัดมา จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในครั้งที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดในครั้งที่ 6 นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีเยี่ยม เนื่องจากกลวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยแก้โจทย์ปัญหาทาง

ฟิสิกส์ให้สำเร็จได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของอมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553) ซึ่งกล่าวว่า กลวิธีแก้ปัญหาข้างต้นเป็นกลวิธีแก้ปัญหาที่มีขั้นตอนอย่างเป็นระบบชัดเจน เน้นการฝึกคิดวิเคราะห์และการคิดเชิงเหตุผล ซึ่งนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหานี้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มากกว่าก่อนการสอน นอกจากนี้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ยังเป็นวิธีที่เน้นให้นักเรียนช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ ได้เสนอ อภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น ใส่ใจในการเรียนรู้ และเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยเฉลี่ยของนักเรียนสูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับ Heller, Keith & Anderson (1991) ได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อประสิทธิภาพในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน พบว่า วิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่ดีเกิดจากการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนมากกว่าการเรียนรู้รายบุคคลและการเรียนรู้แบบร่วมมือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนได้

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แยกตามองค์ประกอบ

เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนแยกตามองค์ประกอบ พบว่า ในองค์ประกอบที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากองค์ประกอบนี้ไม่มีความซับซ้อนมากนัก และสามารถหาคำตอบได้ค่อนข้างชัดเจนจากโจทย์ปัญหารวมถึงนักเรียนอาจจะมีความรู้พื้นฐานเดิมในการวิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มาและข้อมูลที่โจทย์ต้องการให้หาในแต่ละข้อคำถาม ทำให้องค์ประกอบความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวุฒิชัย จารุตัน และ อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ (2564) ที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยจากแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละวงจรปฏิบัติการโดยในขั้นพิจารณาปัญหาซึ่งสะท้อนความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหามีผลคะแนนเฉลี่ยสูงสุด สำหรับองค์ประกอบที่ 2 ความสามารถในการระบุหลักการทางฟิสิกส์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถรองลงมามีค่าซึ่งใกล้เคียงกับองค์ประกอบที่ 3 ความสามารถในการวางแผน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อนักเรียนสามารถระบุและเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาพร้อมทั้งสามารถเขียนแผนภาพวัตถุอิสระระบุตัวแปรต่าง ๆ ได้ชัดเจนจึงนำไปสู่การวางแผนแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาแนวทางในการหาคำตอบได้ง่ายขึ้น ทำให้ทั้ง 2 องค์ประกอบมีคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ส่วนองค์ประกอบที่ 4

ความสามารถในการหาคำตอบและองค์ประกอบที่ 5 ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในส่วนนี้ยังไม่ดีเท่าที่ควร อาจเนื่องมาจากประการแรก ข้อบกพร่องในพื้นฐานทางคณิตศาสตร์นักเรียนทำให้ไม่สามารถดำเนินการหาคำตอบที่ถูกต้องจึงไม่สามารถตรวจสอบและสรุปคำตอบได้ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559) ซึ่งกล่าวว่า ขั้นพิจารณาปัญหามีข้อบกพร่องน้อยที่สุด และขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ซึ่งเป็นขั้นที่สะท้อนความสามารถในการตรวจสอบคำตอบมีข้อบกพร่องมากที่สุด ประการที่สอง อาจเนื่องมาจากประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ซึ่งพิจารณาได้จากผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เฉลี่ยในองค์ประกอบที่ 4 และองค์ประกอบที่ 5 ถึงจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่ไม่สูงมากนักแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการวัดแต่ละครั้ง ดังนั้นเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มากขึ้นจึงส่งผลให้ความความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้นด้วย

3. คะแนนพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน

เมื่อพิจารณาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนจากผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จากการทำแบบวัดทั้ง 6 ครั้ง จะเห็นว่า ผลคะแนนเฉลี่ยจากการสอบในแต่ละครั้งและคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในแต่ละระยะของการเรียนรู้ของนักเรียนส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์มีขั้นตอนพิจารณาคะแนนการพัฒนาของนักเรียนรายบุคคลเป็นตัวกระตุ้นในนักเรียนแต่ละคนมีความเอาใจใส่ในการเรียนรู้ นอกจากนั้นในขั้นตอนการทำงานเป็นทีมนักเรียนกลุ่มเก่งมีโอกาสช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มที่อ่อนกว่าทำให้นักเรียนกลุ่มอ่อนมีความพยายามและกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชไมพร รังสิยานุพงศ์ (2558) ได้ศึกษาคะแนนพัฒนาการระหว่างเรียน เรื่องความน่าจะเป็น ของนักเรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ STAD พบว่า พัฒนาการของนักเรียนอยู่ในระดับสูงและสูงมาก เนื่องจากนักเรียนกลุ่มอ่อนพยายามใช้การตั้งคำถามในสิ่งตนเองไม่รู้ให้เพื่อนในกลุ่มช่วยกันอธิบาย ชี้แจงให้มีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม แสดงความคิดเห็น และกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอช่วยส่งผลให้พัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้นด้วย

จากการพิจารณาระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนจากพัฒนาการระยะที่ 1 และระยะที่ 5 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มพัฒนาการ สามารถวิเคราะห์ได้ออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้ ประเด็นที่ 1 กลุ่มนักเรียนที่ไม่มี

พัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยในกลุ่มนี้สามารถวิเคราะห์ได้ 2 กรณี คือ นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับต่ำ และนักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับดีเยี่ยมในการทำแบบวัดทุกครั้ง ซึ่งนักเรียนจำนวน 1 คนที่จัดอยู่ในกลุ่มพัฒนาการนี้สามารถทำแบบวัดได้คะแนนเต็มทั้ง 6 ครั้งจึงส่งผลให้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนเท่ากับ 0 ประเด็นที่ 2 กลุ่มนักเรียนที่มีพัฒนาการประกอบด้วยพัฒนาการต่ำไปกลางจำนวน 1 คน, ต่ำไปสูงจำนวน 6 คน, ต่ำไปสูงมากจำนวน 16 คน, กลางไปสูงจำนวน 1 คน, กลางไปสูงมากจำนวน 7 คน และสูงไปสูงมากจำนวน 1 คน จะเห็นได้ว่านักเรียนในกลุ่มดังกล่าวมีระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะกลุ่มพัฒนาการต่ำไปสูงมาก มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มนี้จำนวนมากที่สุด จำนวน 16 คน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ากลุ่มนักเรียนที่มีพื้นฐานคะแนนในครั้งที่ 1 อยู่ในกลุ่มสูง และสูงมาก มีจำนวนเพียง 4 คน แสดงว่าการเรียนรู้แบบนี้อาจไม่สามารถใช้กับนักเรียนกลุ่มเก่งเนื่องจากมีความสามารถที่ดีอยู่แล้วแต่เหมาะสมกับนักเรียนในกลุ่มอ่อนและปานกลางมากกว่า

4. ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

จากการวิเคราะห์ผลของความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบนี้จากการประเมินความพึงพอใจ 4 ด้าน คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านผู้สอน ด้านสื่อในการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล จะเห็นว่าด้านผู้สอนเป็นด้านนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับมากและมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด เนื่องจากครูผู้สอนได้ให้แนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างชัดเจน เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น รวมทั้งอำนวยความสะดวกให้นักเรียนอย่างเต็มที่สอดคล้องกับงานวิจัยของแววิมล ด้วงทอง (2559) ซึ่งศึกษาความพึงพอใจต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสมการโดยใช้เทคนิคการสอน KWDL กับ STAD ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการใช้กระบวนการกลุ่ม ผู้สอนมีหน้าที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ สนับสนุนการเรียนรู้ ใช้คำถามกระตุ้นและเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการซักถามข้อสงสัยอย่างเป็นกันเอง นักเรียนจึงสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีความสุข สนุกกับการเรียนรู้ส่งผลให้ความพึงพอใจในการเรียนรู้ของนักเรียนอยู่ในระดับมาก รองลงมาคือด้านการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีความพึงพอใจมาก เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน มีการช่วยเหลือกันทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฤชามน ชนาเมธดิสกร (2559) ได้กล่าวว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดของโพลยาร่วมกับการ

เรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD กับการเรียนรู้แบบปกติต่อคณิตศาสตร์ พบว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD โดยนักเรียนได้ช่วยเหลือกัน ทำงานร่วมกัน ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของตนเองและบุคคลอื่นมากขึ้น มีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้และคิดหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา

จะเห็นได้ว่าผลของความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ แต่นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านผู้สอนมากกว่าด้านการจัดการเรียนรู้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับวิธีการเรียนรู้ ในขณะเดียวกันนักเรียนอาจมองว่าครูคือบุคคลสำคัญที่ช่วยให้เกิดการสื่อสารและนำกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจนมากกว่าจึงให้คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจในด้านผู้สอนสูงกว่า อย่างไรก็ตามนักเรียนมีก็ความพึงพอใจทั้งด้านผู้สอนและด้านการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากทั้งสองด้านและโดยภาพรวมผลความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ทุกด้านของนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันได้ช่วยเหลือกัน สมาชิกในกลุ่มมีความเอาใจใส่ในบทเรียนและพยายามเรียนรู้อย่างเต็มที่เพื่อให้เป้าหมายของกลุ่มประสบความสำเร็จ และนักเรียนยังได้เรียนรู้ทักษะทางสังคม การทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรชัย ศรีวรชัย (2560) ได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบ่งกลุ่มสัมฤทธิ์ เรื่อง คลื่นกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงตามขั้นตอนได้รับการยอมรับในกลุ่ม เกิดความรู้สึกมีความสุขเมื่อได้รับความสำเร็จ รวมทั้งการได้รับคำยกย่องจากครู ซึ่งสอดคล้องกับกฎแห่งผลที่พึงพอใจในทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์ (ทิศนา แขมมณี 2557) ที่ว่า เมื่อบุคคลได้รับผลที่พึงพอใจย่อมอยากจะเรียนรู้ต่อไป แต่ถ้าได้รับผลที่ไม่พึงพอใจจะไม่อยากเรียนรู้ ดังนั้นการได้รับผลที่พึงพอใจจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเรียนรู้และเป็นการเพิ่มแรงจูงใจให้แก่นักเรียนด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1.1 จากการวิจัยพบว่าในช่วงที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ครั้ง ในขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีมใช้เวลาในการทำกิจกรรมมาก เนื่องจากนักเรียนในแต่ละกลุ่มจะช่วยกันอภิปราย ปรึกษาหารือช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังนั้นผู้สอนต้องควบคุมเวลาให้กระชับ

และเหมาะสม โดยอาจชี้แจงเวลาให้นักเรียนทราบและกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง

1.2 โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และในแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ผู้สอนสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามบริบทของนักเรียน ถ้านักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่ดีในระดับหนึ่งสามารถใช้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แต่ถ้านักเรียนมีความรู้พื้นฐานในระดับปานกลางใช้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า และควรเรียงลำดับโจทย์ปัญหาจากข้อที่มีความซับซ้อนน้อยไปข้อที่มีความซับซ้อนมากกว่า

1.3 แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีแนวทางที่ให้นักเรียนเขียนแสดงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นขั้นตอนอย่างชัดเจน ผู้สอนควรเน้นย้ำให้นักเรียนเขียนตอบในทุกขั้นตอนตามลำดับการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างละเอียดครบถ้วน เพื่อให้นักเรียนได้รับคะแนนที่ครบถ้วนตรงความสามารถตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัด

1.4 จากการวิจัยพบว่าการพิจารณาคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนรายบุคคล ควรพิจารณาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์มากกว่าการพิจารณาจากคะแนนโดยตรง เนื่องจากคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สามารถแก้ปัญหาในเรื่องนักเรียนแต่ละคนได้คะแนนพัฒนาการเท่ากันแต่มีศักยภาพแตกต่างกัน

2. ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 งานวิจัยนี้พบว่าพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาในบางองค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหานักเรียนสามารถแสดงออกได้เป็นอย่างดี ได้แก่ การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา แต่ในบางพฤติกรรมนักเรียนไม่แสดงออกหรือแสดงออกได้อย่างไม่ครบถ้วน ได้แก่ ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ จึงควรมีการวิจัยเชิงคุณภาพเพิ่มเติมโดยศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เพื่อให้เห็นถึงลักษณะการตอบของนักเรียนตามกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์รวมถึงข้อบกพร่องของนักเรียน

2.2 การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สามารถทำวิจัยในรูปแบบการศึกษาระยะยาว (Longitudinal study) ในเนื้อหาฟิสิกส์หรือในระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อให้เห็นความเปลี่ยนแปลงของความสามารถของนักเรียนและอาจเกิดเป็นความสามารถหรือทักษะที่ฝังในตัวนักเรียนในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นได้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศตริน วรรณเกตุศิริ
   ภาควิชาครุศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน
   วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ
   อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ภาคผนวก ข

- ใบรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

ใบรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

MF-04-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและใบยินยอม
หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 337/2563E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นางสาว นันธิญา แก้ววิจิตร

สังกัด: ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา

เอกสารที่รับรอง:
1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 3 ธันวาคม 2563
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 3 ธันวาคม 2563
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 3 ธันวาคม 2563
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 3 ธันวาคม 2563

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....
(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-337/2563
วันที่ให้การรับรอง : 03/12/2563
วันหมดอายุใบรับรอง : 03/12/2564

ภาคผนวก ค

- ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้
- ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) และค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1					แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2				
	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การแปลผล	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การแปลผล
	1	2	3			1	2	3		
1. ผลการเรียนรู้สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
3. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสาระสำคัญ	0	1	1	0.67	ผ่าน	0	1	1	0.67	ผ่าน
5. สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ผ่าน	0	1	1	0.67	ผ่าน
6. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	1	0.67	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3					แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4				
	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การแปลผล	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การแปลผล
	1	2	3			1	2	3		
1. ผลการเรียนรู้สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
3. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสาระสำคัญ	0	1	1	0.67	ผ่าน	0	1	1	0.67	ผ่าน
5. สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0	1	1	0.67	ผ่าน	0	1	1	0.67	ผ่าน
6. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5					แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6				
	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การแปลผล	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การแปลผล
	1	2	3			1	2	3		
1. ผลการเรียนรู้สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
3. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ผ่าน	1	1	1	1.00	ผ่าน
4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสาระสำคัญ	0	1	1	0.67	ผ่าน	0	1	1	0.67	ผ่าน
5. สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0	1	1	0.67	ผ่าน	0	1	1	0.67	ผ่าน
6. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0	1	1	0.67	ผ่าน	0	1	1	0.67	ผ่าน

ตาราง 18 ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1					แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2				
	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	การแปลผล	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	การแปลผล
	1	2	3			1	2	3		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	5	5	3	4.33	ผ่าน	5	5	3	4.33	ผ่าน
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปสอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	5	4	4	4.33	ผ่าน	5	4	4	4.33	ผ่าน
3. เนื้อหามีความถูกต้องตามธรรมชาติของวิชา	5	5	4	4.67	ผ่าน	4	5	4	4.33	ผ่าน
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	5	5	3	4.33	ผ่าน	4	5	3	4.00	ผ่าน
5. สื่อการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	4	4.00	ผ่าน	3	4	4	3.67	ผ่าน
6. การวัดและประเมินผลมีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	3	5	4	4.00	ผ่าน	3	5	4	4.00	ผ่าน

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3					แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4				
	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	การแปลผล	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	การแปลผล
	1	2	3			1	2	3		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	5	5	3	4.33	ผ่าน	5	5	3	4.33	ผ่าน
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปสอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	5	4	4	4.33	ผ่าน	5	4	4	4.33	ผ่าน
3. เนื้อหามีความถูกต้องตามธรรมชาติของวิชา	4	5	4	4.33	ผ่าน	4	5	4	4.33	ผ่าน
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	5	4	4.33	ผ่าน	4	5	4	4.33	ผ่าน
5. สื่อการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	3	4	4	3.67	ผ่าน	3	4	4	3.67	ผ่าน
6. การวัดและประเมินผลมีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	3	5	4	4.00	ผ่าน	3	5	4	4.00	ผ่าน

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5					แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6				
	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	การแปลผล	ผลจากประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			เฉลี่ย	การแปลผล
	1	2	3			1	2	3		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	5	5	3	4.33	ผ่าน	5	5	3	4.33	ผ่าน
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปสอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	5	4	4	4.33	ผ่าน	5	4	4	4.33	ผ่าน
3. เนื้อหามีความถูกต้องตามธรรมชาติของวิชา	5	5	4	4.67	ผ่าน	5	5	4	4.67	ผ่าน
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	5	5	4	4.67	ผ่าน	4	5	4	4.33	ผ่าน
5. สื่อการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	4	4.33	ผ่าน	4	4	4	4.00	ผ่าน
6. การวัดและประเมินผลมีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	4.33	ผ่าน	3	5	4	4.00	ผ่าน

ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ข้อที่	ผลการประเมินความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ				ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	การแปลผล
	1	2	3		1	2	3	เฉลี่ย			
1	1	1	1	1.00	5	5	5	5.00	0.58	0.78	ผ่าน
2	1	1	1	1.00	5	5	5	5.00	0.47	0.61	ผ่าน
3	1	1	1	1.00	5	5	5	5.00	0.62	0.76	ผ่าน
4	1	1	1	1.00	5	5	5	5.00	0.41	0.61	ผ่าน
5	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	0.55	0.83	ผ่าน
6	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	0.34	0.54	ผ่าน
7	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	0.61	0.61	ผ่าน
8	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	0.53	0.86	ผ่าน
9	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	0.78	0.44	ผ่าน
10	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	0.76	0.48	ผ่าน
11	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	0.61	0.73	ผ่าน
12	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	0.54	0.85	ผ่าน

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) และค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

ข้อ	ข้อความ	ผลการประเมินความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมินความเหมาะสม			เฉลี่ย	การแปลผล
		1	2	3		1	2	3		
ด้านการจัดการเรียนรู้										
1	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
2	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
3	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
4	นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มากขึ้น	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
5	นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ด้วยตนเอง	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
ด้านผู้สอน										
6	ครูผู้สอนดูแลเอาใจใส่การเรียนรู้ของนักเรียนอย่างทั่วถึง	1	0	1	0.67	5	4	4	4.33	ผ่าน
7	ครูผู้สอนให้แนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างชัดเจน	1	1	1	1.00	5	4	4	4.33	ผ่าน
8	ครูผู้สอนมีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหา	1	1	1	1.00	5	4	4	4.33	ผ่าน

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความ	ผลการประเมินความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมินความเหมาะสม			เฉลี่ย	การแปลผล
		1	2	3		1	2	3		
9	ครูผู้สอนไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามจากครูได้	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
10	ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นจากเพื่อน	1	0	1	0.67	5	4	4	4.33	ผ่าน
ด้านสื่อในการจัดการเรียนรู้										
11	สื่อในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	1	1	1	1.00	5	5	3	4.33	ผ่าน
12	สื่อในการจัดการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี	1	1	1	1.00	5	5	3	4.33	ผ่าน
13	สื่อในการจัดการเรียนรู้สามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้	1	1	1	1.00	5	5	3	4.33	ผ่าน
14	สื่อในการจัดการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ง่ายขึ้น	1	1	0	0.67	5	5	3	4.33	ผ่าน
15	สื่อในการจัดการเรียนรู้ มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	0	1	1	0.67	3	5	3	4.67	ผ่าน

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความ	ผลการประเมินความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมินความเหมาะสม			เฉลี่ย	การแปลผล
		1	2	3		1	2	3		
ด้านการวัดและประเมินผล										
16	นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการประเมินตนเอง	1	1	0	0.67	5	5	3	4.33	ผ่าน
17	การวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
18	แบบทดสอบไม่เหมาะสมกับเวลา	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
19	ในการทดสอบแต่ละครั้งมีการเปิดเผยคะแนนให้นักเรียนทราบ	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน
20	การวัดและประเมินผลมีเกณฑ์ที่ชัดเจนและยุติธรรม	1	1	1	1.00	5	5	4	4.67	ผ่าน

ภาคผนวก ง

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต
- ตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 **รหัสวิชา ว 32274** **เวลาเรียน 3 คาบ**
เรื่อง กฎของคูลอมบ์ **ภาคเรียนที่ 2**

สาระฟิสิกส์

เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

1.1 นักเรียนสามารถอธิบายกฎของคูลอมบ์ได้

1.2 นักเรียนสามารถอธิบายแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อกันระหว่างจุดประจุตามกฎของคูลอมบ์ได้

1.3 นักเรียนสามารถจำแนกทิศทางของแรงไฟฟ้า ที่กระทำต่อกันและหาทิศทางของแรงไฟฟ้าลัพธ์ได้

2. ด้านทักษะ/กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (P)

นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยคำนวณหาขนาดของแรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำต่อกันระหว่างจุดประจุตามกฎของคูลอมบ์ได้

3. ด้านคุณลักษณะ (A)

3.1 นักเรียนมีความรับผิดชอบและเอาใจใส่ในต่อการเรียนรู้ของตนเอง

3.2 นักเรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกัน พึ่งพาอาศัยกันในการทำงานเป็นกลุ่ม

3.3 นักเรียนมีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

สาระสำคัญ

ขนาดของแรงไฟฟ้าระหว่างประจุทั้งสอง มีค่าแปรผันตรงตามผลคูณขนาดประจุแต่ละตัว และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง เรียกว่า กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law) ตามสมการ

$$\vec{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

เมื่อ k แทน ค่าคงตัวคูลอมบ์ มีค่าประมาณ 9 x 10^9 นิวตัน เมตร^{2}ต่อคูลอมบ์^{2} (Nm^2/C^2)

q_1, q_2 แทน ขนาดของประจุทั้งสอง มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (C)

r แทน ระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสอง มีหน่วยเป็น เมตร (m)

$\vec{F}$ แทน ขนาดของแรงไฟฟ้าระหว่างประจุทั้งสอง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

ทิศทางของแรงที่ประจุกระทำต่อกันจะอยู่ในแนวเส้นตรงที่ลากเชื่อมระหว่างประจุคู่นั้น ๆ ถ้าประจุทั้งสองเป็นประจุชนิดเดียวกัน แรงที่กระทำต่อประจุทั้งสองเป็นแรงผลักและมีทิศชี้ออกจากกันในแนวเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างประจุทั้งสอง แต่ถ้าประจุทั้งสองเป็นคนละชนิดกัน แรงที่กระทำต่อประจุทั้งสองเป็นแรงดึงดูดและมีทิศทางชี้เข้าหากันในแนวเส้นตรงที่เชื่อมประจุทั้งสอง

กิจกรรมการเรียนรู้ (การเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์)

ขั้นที่ 1 นำเสนอบทเรียน (Class Presentation) (60 นาที)

1. นักเรียนร่วมกันเสนอความคิดเห็นเพื่อทบทวนความรู้เดิมในบทเรียนที่ได้เรียนมาแล้ว เรื่อง ประจุไฟฟ้าและชนิดของแรงระหว่างประจุ โดยการสนทนาซักถามจากครูด้วยคำถาม ดังนี้

- ประจุไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรบ้าง (2 ชนิด ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ)
- แรงที่กระทำซึ่งกันและกันระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า เรียกว่าอะไร มีกี่ชนิดอะไรบ้าง (เรียกว่า แรงไฟฟ้า มี 2 ชนิด ได้แก่ แรงดึงดูด (attractive force) คือ แรงระหว่างประจุต่างชนิดกันดึงดูดกัน และแรงผลัก (repulsive force) คือแรงระหว่างประจุชนิดเดียวกันผลักกัน)

2. นักเรียนดูวีดิทัศน์จำลองการทดลองของคูลอมบ์ ใช้เวลาประมาณ 3 นาที

(www.youtube.com/watch?v=r1zUxtQWNwo) (วีดิทัศน์ช่วงเวลา 09.21 – 12.17 นาที) หลังจากนั้นครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน ดังนี้

- จากการจำลองการทดลองของคูลอมบ์ในวีดิทัศน์ กล่าวว่า “ถ้ามีแรงกระทำมากมุมที่บิดไปจะมีค่ามาก ถ้ามีแรงกระทำน้อยมุมที่บิดไปจะมีค่าน้อย” นักเรียนคิดว่าแรงที่จะทำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร (นักเรียนแสดงความคิดเห็นตามอิสระ)

3. นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาเรื่อง กฎของคูลอมบ์ จากใบความรู้ และหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 4 ครูนำเสนอเนื้อหาให้แก่นักเรียนด้วยวิธีการบรรยาย โดยมีเนื้อหาสรุป ดังนี้

คูลอมบ์ได้ทำการทดลองและสรุปผลเป็นกฎว่า “แรงระหว่างประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับผลคูณของประจุไฟฟ้า และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุ ” การคำนวณหาแรงระหว่างประจุสามารถคำนวณได้จาก

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

เมื่อ k แทน ค่าคงตัวคูลอมบ์ มีค่าประมาณ 9×10^9 นิวตัน เมตร^{2}ต่อคูลอมบ์^{2} (Nm^2/C^2)

q_1, q_2 แทน ขนาดของประจุทั้งสอง มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (C)

r แทน ระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสอง มีหน่วยเป็น เมตร (m)

F แทน ขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าทั้งสอง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

การหาขนาดแรงระหว่างประจุไฟฟ้าแทนค่าประจุในสมการ $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ ไม่ต้องคิดเครื่องหมายของประจุ เพราะเครื่องหมายของประจุ มีไว้สำหรับกำหนดทิศทางของแรง

ทิศทางของแรงที่ประจุกระทำต่อกันจะอยู่ในแนวเส้นตรงที่ลากเชื่อมระหว่างประจุคู่นั้น ๆ ถ้าประจุทั้งสองเป็นประจุชนิดเดียวกัน แรงที่กระทำต่อประจุทั้งสองเป็นแรงผลักและมีทิศชี้ออกจากกันในแนวเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างประจุทั้งสอง แต่ถ้าประจุทั้งสองเป็นคนละชนิดกัน แรงที่กระทำต่อประจุทั้งสองเป็นแรงดึงดูดและมีทิศทางชี้เข้าหากันในแนวเส้นตรงที่เชื่อมประจุทั้งสอง

แรงระหว่างประจุเป็นแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน ดังนั้นแรงระหว่างประจุของจุดประจุคู่หนึ่ง ๆ จึงมีขนาดเท่ากัน

ถ้ามีจุดประจุมีหลายแรงที่กระทำ ในการคำนวณต้องหาแรงลัพธ์แบบการหาเวกเตอร์ทุกประการ

4. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปองค์ความรู้ที่ได้ ดังนี้

แรงไฟฟ้าระหว่างประจุทั้งสอง มีค่าแปรผันตามขนาดประจุแต่ละตัว และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง โดยทิศทางของแรงที่ประจุกระทำต่อกันจะอยู่ในแนวเส้นตรงที่ลากเชื่อมต่อระหว่างประจุคู่นั้น ๆ ถ้าประจุทั้งสองเป็นชนิดเดียวกัน (บวกทั้งคู่หรือลบทั้งคู่) แรงที่กระทำต่อประจุทั้งสองเป็นแรงผลัก และมีทิศชี้ออกจากกันในแนวเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างประจุทั้งสอง แต่ถ้าประจุทั้งสองเป็นคนละชนิด (บวกและลบ) แรงที่กระทำต่อประจุทั้งสองเป็นแรงดึงดูด และมีทิศทางชี้เข้าหากันในแนวเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างประจุทั้งสอง

จากนั้นนักเรียนและครูนำความรู้ที่ได้รับมาร่วมกันอภิปราย คำถามข้างต้นเกี่ยวกับมุมบิดของคานที่เกิดขึ้นจากการจำลองการทดลองของคูลอมบ์ในวีดีทัศน์ โดยผ่านการทดลองจริงในชั้นเรียน

- มุมบิดของคานที่เกิดขึ้นมีผลมาจากแรงระหว่างประจุ ถ้ามีแรงกระทำมากมุมที่บิดไปจะมีค่ามาก ถ้ามีแรงกระทำน้อยมุมที่บิดไปจะมีค่าน้อย ซึ่งแรงระหว่างประจุ A กับ D จะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่าง A กับ D และแปรผันตรงกับผลคูณระหว่างประจุ A กับ D

จึงสรุปได้ดังกฎของคูลอมบ์ว่า“แรงระหว่างประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับผลคูณของประจุไฟฟ้าและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุ ”

5. นักเรียนศึกษาตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กฎของคูลอมบ์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งครูอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ตัวอย่างจากใบความรู้เรื่อง กฎของคูลอมบ์ จำนวน 3 ตัวอย่าง ตามขั้นตอนดังนี้ 1. พิจารณาปัญหา 2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3. วางแผนแก้ปัญหา 4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และ 5. ตรวจสอบคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำงานเป็นทีม (Teams) (65 นาที)

1. นักเรียนแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละประมาณ 3 คน โดยคละความสามารถทางการเรียน หลังจากนั้นสมาชิกภายในกลุ่มแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันอภิปราย ปรึกษาหารือ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำแบบฝึกหัดลงในใบงานเรื่อง กฎของคูลอมบ์ จำนวน 2 ข้อ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหา

เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นเครื่องมือในการช่วยแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งมีครูคอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษา

2. ครูสุ่มนักเรียนมานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ กลุ่มละ 1 ข้อ จำนวน 3 กลุ่ม ส่วนนักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้นำเสนอร่วมอภิรายและให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 3 ทดสอบย่อย (Quizzes) (30 นาที)

นักเรียนทดสอบย่อยรายบุคคลโดยทำแบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง กฎของคูลอมบ์ จำนวน 2 ข้อ

ขั้นที่ 4 คะแนนการพัฒนารายบุคคล (Individual Improvement Score) (นอกชั้นเรียน)

1. ครูหาคะแนนฐานของนักเรียนแต่ละคนคำนวณได้จากเกรดในภาคเรียนที่ผ่านมา ดังนี้

เกรดของปีที่ผ่านมา	คะแนนฐาน
4	85
3.5	80
3	75
2.5	70
2	65
1.5	60
1	55
0	50

2. ครูตรวจแบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง กฎของคูลอมบ์ ที่นักเรียนทำ แล้วหาคะแนนการพัฒนาของนักเรียนแต่ละคนโดยหาจากความแตกต่างระหว่างคะแนนฐาน และคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง กฎของคูลอมบ์ คะแนนการพัฒนาของ

นักเรียนแต่ละคนขึ้นอยู่กับการทำคะแนนให้ได้มากกว่าคะแนนฐานของตนเองมากน้อยเพียงใด โดยมีเกณฑ์การคิดคะแนนการพัฒนาดังนี้

คะแนนจากการทำแบบวัด	คะแนนการพัฒนา
ต่ำกว่าคะแนนฐาน 10 คะแนนขึ้นไป	0
ต่ำกว่าคะแนนฐาน 1 – 10 คะแนน	10
เท่ากับหรือมากกว่าคะแนนฐาน 1 - 10 คะแนน	20
มากกว่าคะแนนฐาน 10 คะแนนขึ้นไปหรือเท่ากับคะแนนเต็มของคะแนนทดสอบย่อย	30

3. ครูหาคะแนนการพัฒนาของกลุ่มโดยหาจากคะแนนเฉลี่ยจากการรวมคะแนนการพัฒนาของนักเรียนทุกคนในกลุ่ม

ขั้นที่ 5 รับรองผลงานของกลุ่ม (Team recognition) (นอกชั้นเรียน)

1. นักเรียนแต่ละคนสรุปบทเรียนที่ได้ เรื่อง กฎของคูลอมบ์ โดยทำเป็นแผนผังความคิด (mind map) แล้วอัพโหลดส่งในโปรแกรม google classroom

2. ครูนำผลการทดสอบย่อยของนักเรียนประกอบด้วยคะแนนการพัฒนาของนักเรียนแต่ละคนและคะแนนการพัฒนาของกลุ่มแจ้งนักเรียนในโปรแกรม google classroom พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะแก่นักเรียน

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 4
2. ใบความรู้ เรื่อง กฎของคูลอมบ์
3. ใบงาน เรื่อง กฎของคูลอมบ์
4. แบบวัดความสามารถในการโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กฎของคูลอมบ์

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เครื่องมือ	วิธีการ	เกณฑ์การผ่านการประเมิน
1. ด้าน ความรู้			
1.1 นักเรียนสามารถอธิบายกฎของคูลอมบ์ได้ 1.2 นักเรียนสามารถอธิบายแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อกันระหว่างจุดประจุตามกฎของคูลอมบ์ได้ 1.3 นักเรียนสามารถจำแนกทิศทางของแรงประจุไฟฟ้าที่กระทำต่อกันและทิศทางของแรงไฟฟ้าลัพธ์ได้	คำถามในกิจกรรม	- การอภิปราย - การตอบคำถาม	- คำตอบถูกต้อง 80 - 100% - ดี 60 – 79 % - พอใช้ น้อยกว่า 60 % - ควรปรับปรุง
2. ด้านทักษะ			
นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของแรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำต่อกันระหว่างจุดประจุตามกฎของคูลอมบ์ได้	- คำถาม	- การตอบคำถาม	- คำตอบถูกต้อง 80 - 100% - ดี 60 – 79 % - พอใช้ น้อยกว่า 60 % - ควรปรับปรุง
	- ใบงาน	- ตรวจใบงาน	- นักเรียนทำแบบฝึกหัดถูกต้อง ร้อยละ 50 ขึ้นไป

การวัดและประเมินผล (ต่อ)

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เครื่องมือ	วิธีการ	เกณฑ์การผ่านการประเมิน
3. ด้านคุณลักษณะ			
3.1 นักเรียนมีความรับผิดชอบและเอาใจใส่ในต่อการเรียนรู้ของตนเอง 3.2 นักเรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกัน พึ่งพาอาศัยกันในการทำงานเป็นกลุ่ม 3.3 นักเรียนมีทักษะทางสังคมและการทำงานร่วมกับผู้อื่น	แบบประเมินด้านคุณลักษณะผู้เรียน	- สังเกตขณะเรียนและทำกิจกรรม	ปฏิบัติได้ 3 ข้อ – ดี ปฏิบัติได้ 2 ข้อ – พอใช้ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ – ควรปรับปรุง ปฏิบัติได้ 0 ข้อ – ไม่ผ่าน

ใบความรู้เรื่อง กฎของคูลอมบ์
หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาฟิสิกส์ ม. 5

****

ชาร์ล คูลอมบ์ (Charles Coulomb, 1736 – 1806) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า พบว่า ขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าทั้งสอง มีค่าแปรผันตามผลคูณขนาดประจุแต่ละตัวและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง เรียกว่า กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law) ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\vec{F} \propto q_1 q_2$$

และ $$\vec{F} \propto \frac{1}{r^2}$$

ดังนั้น $$\vec{F} \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

นั่นคือกฎของแรงระหว่างประจุเขียนอยู่ในรูปสมการได้ว่า

$$\boxed{\vec{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}}$$

เมื่อ k แทน ค่าคงตัวคูลอมบ์ มีค่าประมาณ 9×10^9 นิวตัน เมตร^{2}ต่อคูลอมบ์^{2} (Nm^2/C^2)

q_1, q_2 แทน ขนาดของประจุทั้งสอง มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (C)

r แทน ระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสอง มีหน่วยเป็น เมตร (m)

$\vec{F}$ แทน แรงระหว่างประจุไฟฟ้าทั้งสอง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

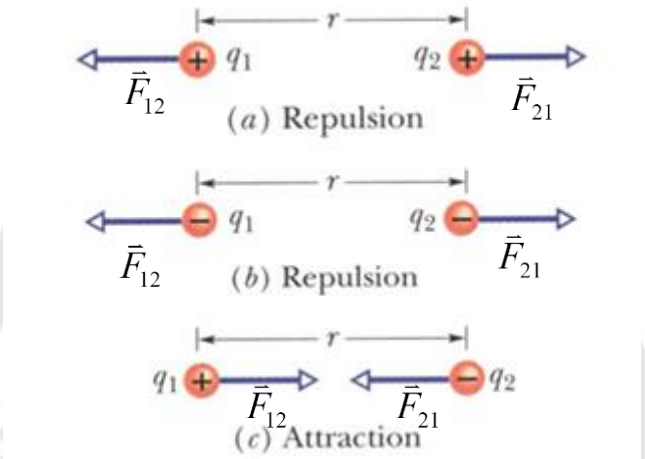
Note

ค่าคงตัวคูลอมบ์ (k) ได้จากการทดลองโดย k หาได้จาก

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

เมื่อ ε_0 แทน สภาพยอมในอากาศ (permittivity of free space) มีค่าประมาณ 9×10^9 นิวตันเมตร^{2}ต่อคูลอมบ์^{2} (Nm^2/C^2)

ทิศทางของแรงที่ประจุกระทำต่อกันจะอยู่ในแนวเส้นตรงที่ลากเชื่อมระหว่างประจุคู่นั้น ๆ ถ้าประจุทั้งสองเป็นประจุชนิดเดียวกัน แรงที่กระทำต่อประจุทั้งสองเป็นแรงผลักและมีทิศชี้ออกจากกันในแนวเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างประจุทั้งสอง แต่ถ้าประจุทั้งสองเป็นคนละชนิดกัน แรงที่กระทำต่อประจุทั้งสองเป็นแรงดึงดูดและมีทิศทางชี้เข้าหากันในแนวเส้นตรงที่เชื่อมประจุทั้งสอง ดังรูป



ทิศทางของแรงที่ประจุกระทำต่อกัน

ที่มา : หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ เล่ม 5 (2562, น. 93)

หมายเหตุ เกี่ยวกับการคำนวณ เรื่อง แรงระหว่างประจุ

1. แรงระหว่างประจุเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้นการแทนค่าประจุในสมการ $\mathrm{F} = \frac{\mathrm{kq_1q_2}}{\mathrm{r}^2}$ ไม่ต้องคิดเครื่องหมายของประจุ เพราะเครื่องหมายของประจุ มีไว้สำหรับกำหนดทิศทางของแรง

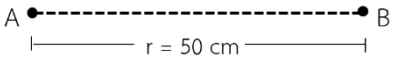
2. แรงระหว่างประจุเป็นแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน ดังนั้นแรงระหว่างประจุของจุดประจุคู่หนึ่ง ๆ จึงมีขนาดเท่ากัน

3. ถ้ามีจุดประจุมากกว่า 2 จุด แรงระหว่างประจุที่กระทำต่อจุดประจุใด จะเป็นแรงลัพธ์ที่กระทำต่อจุดประจุนั้น

ตัวอย่างที่ 1 ลูกพิธสองลูกแต่ละลูกมีประจุ 1 ไมโครคูลอมบ์ เมื่อวางห่างกันเป็นระยะ 50 เซนติเมตร และถือว่าลูกพิธทั้งสองนี้มีขนาดเล็กมากจนถือเป็นจุดประจุ แรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด

1. พิจารณาปัญหา

เขียนแผนภาพเหตุการณ์คร่าวๆ



เขียนข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มา

ลูกพิธสองลูกแต่ละลูกมีประจุ 1 ไมโครคูลอมบ์

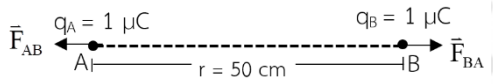
ลูกพิธวางห่างกันเป็นระยะ 50 เซนติเมตร

เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หา

แรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด

2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

เขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์อย่างละเอียด พร้อมทั้งระบุตัวแปรต่างๆที่โจทย์กำหนดมาให้สมบูรณ์



หาค่า $\vec{F}_{AB}$ *และ* $\vec{F}_{BA}$

เขียนหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน $\vec{F}_{AB}$ *และ* $\vec{F}_{BA}$ *เป็นแรงที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามโดยแรงระหว่างประจุหาได้โดยใช้กฎของคูลอมบ์*

3. วางแผนแก้ปัญหา

เขียนแนวทางในการหาคำตอบ

หาขนาดของแรง $\vec{F}_{AB}$ *ได้โดยใช้กฎของคูลอมบ์ ไม่ต้องแทนค่าเครื่องหมายของประจุ*

เขียนสมการทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบ

$$\vec{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

แสดงวิธีการหาคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบหน่วย

$$\bar{F} = k\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$= (9\times10^9\ \frac{Nm^2}{C^2})\frac{(1\times10^{-6}C)(1\times10^{-6}C)}{(50\times10^{-2})^2 m^2}$$

$$= 3.6\times10^{-2}\ N$$

5. ตรวจสอบคำตอบ

คำตอบที่ได้มามีความสัมพันธ์กับเงื่อนไขของโจทย์ปัญหาและอยู่ในหน่วยที่โจทย์ถามหรือไม่ อย่างไร

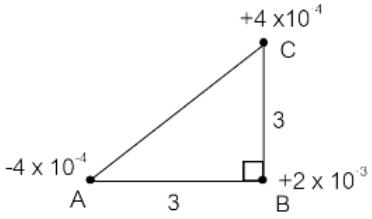
ขนาดของแรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นได้อยู่ในหน่วยนิวตัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเงื่อนไขของโจทย์ปัญหาสรุปคำตอบ

แรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นมีค่า 3.6×10^{-2} *นิวตัน*

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> สามเหลี่ยมมุมฉาก ABC มีด้านประกอบมุมฉาก AB และ BC ยาวด้านละ 3 เมตร มีประจุไฟฟ้า -4×10^{-4} C , $+2 \times 10^{-3}$ C และ $+4 \times 10^{-4}$ C วางอยู่ที่จุด A , B และ C จงหาว่าขนาดแรงที่กระทำต่อประจุ $+2 \times 10^{-3}$ C มีกี่นิวตัน

1. พิจารณาปัญหา

เขียนแผนภาพเหตุการณ์คร่าวๆ



เขียนข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มา

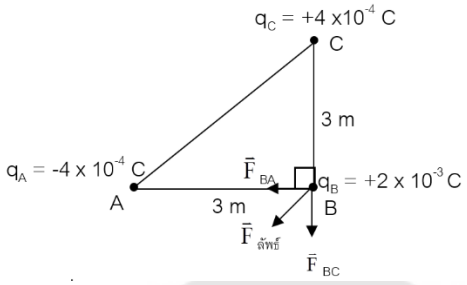
ประจุไฟฟ้า -4×10^{-4} *C ,* $+2 \times 10^{-3}$ *C และ* $+4 \times 10^{-4}$ *C วางอยู่ที่จุด A , B และ C*

เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หา

ขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุ $+2 \times 10^{-3}$ *C*

2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

เขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์อย่างละเอียด พร้อมทั้งระบุตัวแปรต่างๆที่โจทย์กำหนดมาให้สมบูรณ์



เขียนหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขนาดของแรงระหว่างประจุหาได้จากการใช้กฎของคูลอมบ์ เนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ดังนั้นการหาแรงลัพธ์ใช้วิธีการรวมแบบเวกเตอร์

3. วางแผนแก้ปัญหา

เขียนแนวทางในการหาคำตอบ

1. หาขนาดของแรงระหว่างประจุ $\vec{F}_{BA}$ *โดยใช้กฎของคูลอมบ์*

2. หาขนาดของแรงระหว่างประจุ $\vec{F}_{BC}$ *โดยใช้กฎของคูลอมบ์*

3. หาแรงลัพธ์ระหว่าง $\vec{F}_{BA}$ *และ* $\vec{F}_{BC}$

ใช้วิธีการรวมแบบเวกเตอร์

เขียนสมการทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบ

$$\vec{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\vec{F}_{ลัพธ์} = \sqrt{\vec{F}_{BA}^{\,2} + \vec{F}_{BC}^{\,2}}$$

4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

แสดงวิธีการหาคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบหน่วย

$$\vec{F} = \mathrm{k}\frac{\mathrm{q}_1\mathrm{q}_2}{\mathrm{r}^2}$$

$$\vec{F}_{BA} = \vec{F}_{\mathrm{BC}} = (9\times10^{9}\ \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2})\frac{(4\times10^{-4}\mathrm{C})(2\times10^{-3}\mathrm{C})}{(3)^2\,\mathrm{m}^2}$$

$$= 800\ \ \mathrm{N}$$

$$\vec{F}_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{\vec{F}_{\mathrm{BA}}^{\,2} + \vec{F}_{\mathrm{BC}}^{\,2}}$$

$$= \sqrt{800^{\,2} + 800^{\,2}}\ \ \mathrm{N}$$

$$= 800\sqrt{2}\ \ \mathrm{N}$$

5. ตรวจสอบคำตอบ

คำตอบที่ได้มามีความสัมพันธ์กับเงื่อนไขของโจทย์ปัญหาและอยู่ในหน่วยที่โจทย์ถามหรือไม่ อย่างไร

ขนาดของแรงระหว่างประจุที่ได้อยู่ในหน่วยนิวตัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเงื่อนไขของโจทย์ปัญหา

สรุปคำตอบ

แรงที่กระทำต่อประจุ +2 x 10^{-3} C มีขนาด $800\sqrt{2}$ *นิวตัน*

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของ
เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีจำนวน 6 หัวข้อย่อย หัวข้อละ 2 ข้อ รวม 12 ข้อ ดังนี้

1. เรื่อง กฎของคูลอมบ์	(ข้อ 1 – 2)
2. เรื่อง สนามไฟฟ้า	(ข้อ 3 – 4)
3. เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	(ข้อ 5 – 6)
4. เรื่อง ความจุของตัวเก็บประจุ	(ข้อ 7 – 8)
5. เรื่อง พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ	(ข้อ 9 – 10)
6 เรื่อง การต่อตัวเก็บประจุ	(ข้อ 11 – 12)

2. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นแบบอัตนัย ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดตามขั้นตอนของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ 1. พิจารณาปัญหา 2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3. วางแผนแก้ปัญหา 4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และ 5. ตรวจสอบคำตอบ

3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบหัวข้อละ 30 นาที

แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง กฎของคูลอมบ์

1. ประจุ 2 ไมโครคูลอมบ์ และประจุ -4 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกันอยู่ 20 เซนติเมตร ถ้านำประจุทดสอบ 1 ไมโครคูลอมบ์ มาวางที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ

1. พิจารณาปัญหา

เขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์คร่าว ๆ

เขียนข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มา

.....

.....

.....

เขียนข้อมูลที่โจทย์ให้หา

.....

.....

2. อธิบายหลักการทางฟิสิกส์

เขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์อย่างละเอียด พร้อมทั้งระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมาให้สมบูรณ์

เขียนหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

.....

.....

3. วางแผนแก้ปัญหา

เขียนแนวทางในการหาคำตอบ

.....

เขียนสมการทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบ

.....

4. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

แสดงวิธีการหาคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบหน่วย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ตรวจสอบคำตอบ

คำตอบที่ได้มามีความสัมพันธ์กับเงื่อนไขของโจทย์ปัญหาและอยู่ในหน่วยที่โจทย์ถามหรือไม่อย่างไร

.....

.....

สรุปคำตอบ

.....

ตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดความพึงพอใจฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้สึกของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยแบ่งคำถามออกเป็น 4 ด้าน คือ

1.1 ด้านการจัดการเรียนรู้

1.2 ด้านผู้สอน

1.3 ด้านสื่อในการจัดการเรียนรู้

1.4 ด้านการวัดและประเมินผล

2. แบบวัดฉบับนี้มีจำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องหลังข้อความที่พิจารณาแล้วว่าตรงกับความรู้สึกมากที่สุด ซึ่งมีเกณฑ์ในการเลือกตอบดังนี้

พึงพอใจในระดับมากที่สุด	5	คะแนน
พึงพอใจในระดับมาก	4	คะแนน
พึงพอใจในระดับปานกลาง	3	คะแนน
พึงพอใจในระดับน้อย	2	คะแนน
พึงพอใจในระดับน้อยที่สุด	1	คะแนน

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านการจัดการเรียนรู้						
1.	นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น					
2.	นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน					
3.	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น					
4.	นักเรียนเข้าใจแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มากขึ้น					
5.	นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ด้วยตนเอง					
xx	.....					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

บรรณานุกรม

Ahmad. (2015). Improving Students Skills in Translations by Using Students-Teams Achievement Division (STAD) Technique. *AL-TA'LIM JOURNAL, 22*(2), 119.

Alman. (2017). The Influence of Open-Ended and STAD Method on the Mathematical Problem Solving Skills in Terms of Learning Achievement. *Prima Edukasia,* 5(2), 112-124.

Berk R. A. (1986). A Consumer's Guide to Setting Performance Standards on Criterion - Reference Test. *Review of education research,* 56(1), 137-172.

Carin, Robert B. (1975). *Teaching Modern Science*. Columbus: Charles.

Carson J. (2007). A Problem With Problem Solving: Teaching Thinking Without Teaching Knowledge. *The Mathematics Educator,* 17(2), 7-14.

Cronbach L. J. (1990). Essentials of Psychological Testing (5th ed.). New York : *Harper Collins Publishers*.(pp.202-204)

Glasser G. V. (1978). Standards and Criteria. *Journal of Educational Measurement,* 15(4), 237.

Good. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw – Hill Book Company.

Hambleton. (1978). Criterion - Referenced Testing and Measurement : A review of Technical Issues and Development. *Review of Education Research,* 48(1), 1-49.

Heller & Heller. (2010). *Cooperative Problem Solving in Physics A User's Manual*. Minnesota University of Minnesota.

Herzberg. (1959). *The Motivation to Work*. New York: John Wiley and Sons Inc.

Hestennes D. (1987). Toward a Modeling theory of physics instruction. *Published in: Am. J. Phys,* 55(5), 440-454.

Johnson & Johnson. (1994). *Joioning Together Group Theory and Group Skills*. Bostin: Allyn and Bacon.

Kagan. (1994). *Cooperative Learning*. California: Resource for Teacher.

Krulik & Rudnick. (1995). *The New Sourcebook for Teaching Reasoning and Problem*

Solving in Elementary School: Boston : Allyn and Bacon.

Lester. (1977). *Teaching Problem Solving : What, Why and How*. CA: Dale Seymour Publications.

Maslow. (1970). *Motivation and Personality*. New York: Harper and Row Inc.

Polya. (1973). *How to Solve it.* USA: Princeton University Press.

Rojas. (2010). On the Teaching and Learning of Physics Problem Solving. *Revista Mexicana,* 56(1), 22-28.

Sitorus & Gurning. (2012). *The Application of Student Teams Achievement Divisions (STAD) in Students' Achievement in Reading Comprehension.* (English Department). University of Medan.

Slavin. (1995). *Cooperative Learning : Theory, Research, and Practice*: Englewood Cliffs,N.J. Prentice Hall.

Struss & Sayles. (1960). *Personnel : The Human Problems of Manageme*. New Jersey: Prentice-Hall.

Toggerson. (2014). *Problem Solving in Physics and its Application to Collaborative Problem Solving A Guide for PHYS* 102. Arizona: University of Arizona.

Wallerastein. (1995). *A Dictionary of Psychology*. Maryland: Perguin Book.

Warawudhi. (2012). English Reading Achievement: Student Teams-Achievement Division (STAD) vs. Lecture Method for EFL Learners. *Journal of Institutional ResearchSouth East Asia,* 10(1), 11.

Zukarnain. (2015). The Effect Cooperative Learning Model Resolution of Mathematics Problem Solving and Students' Mathematics Communication. *Educational Research and Review,* 3(4), 44-53.

กรมวิชาการ. (2544). *เอกสารชุดเทคนิคการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด "การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ".* กรุงเทพฯ: การศาสนา.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑.* กรุงเทพฯ:สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2534). *การประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองต่อข้อสอบเพื่อกำหนดคะแนน*

จุดตัดตามเทคนิคของนีเดลสกีกับวิธีการใช้กลุ่มคาบเส้น. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ใกล้รุ่ง นคราวนากุล. (2547). *การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ด้วยการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค TAI เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารเศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

จักรพงษ์ ธุระทำ. (2558). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค STAD ประกอบแบบฝึกทักษะ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

จันจิรา หมุดหวัน. (2552). *การศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการทำงานกลุ่ม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

จันทิมา เมยประโคน. (2555). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจในการเรียนวิชาศิลปะเรื่องการสร้างสรรค์จากเศษวัสดุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จารีพร ผลมูล. (2558). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3: กรณีศึกษาชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร.* (การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

จีรเดช ฟ้าเลิศ. (2552). *ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แรง มวล และการเคลื่อนที่ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โดยใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เสริมการสอน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เจนศึก โพธิศาสตร์. (2546). *ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของครูลิคและรุทนิค.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เจษฎา รัตนบรรเทิง. (2557). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง "สมการกำลังสองตัวแปรเดียว" โดยใช้การแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ โรงเรียนสมุทรสาครบูรณณะ จังหวัดสมุทรสาคร*: (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรแก้ว กิตติคุณ. (2546). *ผลการเรียนแบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรง และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ชวลิต ชูกำแพง. (2550). *การประเมินการเรียนรู้*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2555). *80 นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชัน.

ชาติชาย โพยมเมฆา. (2549). *ผลของการเรียนแบบร่วมมือต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการออกแบบและพัฒนา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ทิพย์ภาภรณ์ อินทรอักษร. (2554). *ผลการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD ร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 15): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2559). *การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี : กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*. (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพฯ.

นภา นิ่มนาค. (2538). *การศึกษาคะแนนจุดตัดและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ เมื่อใช้วิธีหาคะแนนจุดตัดและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญต่างกัน*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นภาพร ด่านแก้ว. (2559). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นฤมล บุญเกษม. (2558). *การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสอนโดยใช้กิจกรรมศิลปะประดิษฐ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรนิติโสภณ ประเภทการศึกษาสงเคราะห์.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นฤมล ฉิมงาม. (2558). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยาผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

นฤมล สกุลคู. (2548). *การพัฒนาแผนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องวิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ (Permutatinon and Combination) โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มสัมฤทธิ์ (STAD) แบบกลุ่มช่วยเป็นรายบุคคล (TAI) และวิธีเรียนรู้ตามรูปแบบของสสวท. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น.* พิมครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญใจ ชะเอม. (2551). *การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันในการเรียนแบบร่วมมือเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, กรุงเทพฯ.

เบญจพร ปัณฑพลังกูร. (2551). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความฉลาดทางอารมณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค* STAD *กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ปนัดดา เที่ยงโยธา. (2552). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ประยูร ศรีผ่องใส. (2542). *การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิคกลุ่มสืบค้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ปานจิต วัชระรังษี. (2548). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้น*

ประถมศึกษาปีที่ 6 ที่จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกันเทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

พัชนี แสงประสิทธิ์. (2558). *ผลการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่เสริมกิจกรรม 4S เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พิมพ์พร อสัมภินพงศ์. (2550). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. (รายงานการวิจัย). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พิมพ์สรณ์ ตุกเตียน. (2552). *ผลการใช้วิธีสอนแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาร่วมกับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบรายบุคคล (TAI) ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร.

ภณิดา ชัยปัญญา. (2541). *การวัดความพึงพอใจ*. กรุงเทพฯ: แสงอักษร.

ภาวิณี คำชารี. (2550). *การเปรียบเทียบความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ทศนิยม และการคิดวิเคราะห์ ระหว่างวิธีเรียนแบบร่วมมือ เทคนิค* STAD *สอดแทรกเมตาคอกนิชั่น วิธีเรียนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ วิธีเรียนตามคู่มือครู สสวท. ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

มงคล วิลามาศ. (2551). *การพัฒนาความสามารถทางการเรียนการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์โดยเน้นวิธีการร่วมมือกันเรียนรู้ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

มณทิพย์ เจริญรอด. (2542). *ผลของการใช้กิจกรรมการเรียนแบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมการทำงานร่วมกันในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต กรุงเทพมหานคร.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). *สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ.* กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มารุต วรสาร. (2548). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการกลุ่ม.* (รายงานการศึกษาอิสระปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

มินตา ชนะสิทธ์. (2558). *การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD และเทคนิค TAI ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, จันทบุรี.

เมธิญา กาญจนรัตน์. (2552). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการใช้การเรียนแบบร่วมมือเทคนิค* STAR. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

ยุทธ ไกยวรรณ์. (2546). *สถิติเพื่อการวิจัย.* กรุงเทพฯ: บริษัท พิมพ์ดี จำกัด.

รศนา อัชชะกิจ. (2537). *กระบวนการแก้ปัญหาและตัดสินใจเชิงวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2): กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัชนีบูรณ์ แก้วทิพย์. (2550). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากการใช้วิธีสอนโยนิโสมนสิการแบบอริยสัจ 4 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

ฤชามน ชนาเมธดิสกร. (2559). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้.* (พิมพ์ครั้งที่ 2): กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน์.

วราภรณ์ พรายอินทร์. (2551). *ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จากการใช้วิธีการสอนแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มตามสัมฤทธิผลทางการเรียน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.* กรุงเทพฯ: เลิฟ

แอนด์ลิพเพรส.

วันวิสาข์ ภักดี. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ* SSCS *ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2553). *นวัตกรรมตามแนวคิดแบบ Backward Design*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

วุฒิชัย จารุตันและอุฤทธิ์ เจริญอินทร์ (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะ. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.* 44(1): 50-64.

แววิมล ด้วงทอง. (2559). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสมการโดยใช้เทคนิคการสอน KWDL และ STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, อุตรดิตถ์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภสิริ โสมาเกตุ. (2544). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนและความพึงพอใจในการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนรู้โดยโครงงานกับการเรียนรู้ตามคู่มือครู.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สงบ ลักษณะ. (2523). *การตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อสอบอิงเกณฑ์.* การวัดผลการศึกษา, 1(3), 36-45.

สมศักดิ์ ภู่วิภาวรรธน์. (2544). *การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง.* เชียงใหม่: โรงพิมพ์แสงศิลป์.

สมหมาย เปียถนอม. (2551). *เรื่องความพึงพอใจของนักศึกษาในการได้รับบริการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.* (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม.

สิริกร กลยนีย์. (2556). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์(STAD)ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร,

สกลนคร.

สิริเกศ หมัดเจริญ. (2554). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องเสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สุจินต์ ใจกระจ่าง. (2553). *สภาพการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง:*(รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

สุจิรา ชูดำ. (2550). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อวิธีสอนแบบจิกซอว์เรื่องกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับชุมชนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

สุชีรา ภัทรายุตวรรตน์. (2548). *คู่มือการวัดทางจิตวิทยา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เมดิคัล มีเดีย.

สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ. (2529). *การศึกษาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ชนิดเลือกตอบซ้อน.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุธรรม ชุมพร้อมญาติ. (2544). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างสอนโดยใช้การเรียนแบบร่วมมือกับการสอนแบบสืบเสาะของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.* (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี.

สุพรรณี วรวัฒนเมธี. (2557). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกสี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนฮอดพิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สุรุจิรา บุญเลิศ. (2556). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องสารละลายกรดและเบส.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). 19 *วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

เสฏฐวุฒิ มุลอามาตย์. (2549). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้ชุดการเรียนตามแนวอริยสัจ 4.* (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เสาวลักษณ์ เหลืองดี. (2552). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติและความพึงพอใจสาระการเรียนรู้เรื่องแสงและการเกิดภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

อมราลักษณ์ ฤทธิเดช. (2553). *ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อรพินท์ ชื่นชอบ. (2549). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

อังสนา เข็มใคร. (2552). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบซิปปาและการสอนแบบร่วมมือ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, สกลนคร.

อัจฉรา ยังคง. (2547). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนแบบร่วมมือในการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อัญชนา แข่งขัน. (2558). *ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และการทำงานกลุ่มโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ* sscs *ร่วมกับเทคนิค STAD.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

อาซิ ดราแม. (2558). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

อุทัยพรรณ สุดใจ. (2545). *ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อการให้บริการขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย จังหวัดชลบุรี.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุษา ชมภูพฤกษ์. (2561). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์เรื่องไฟฟ้ากระแสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,

มหาสารคาม.

เอกวิทย์ ดวงแก้ว. (2558). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวนันธิญา แก้ววิจิตร
วัน เดือน ปี เกิด	27 ตุลาคม 2534
สถานที่เกิด	นครศรีธรรมราช
ที่อยู่ปัจจุบัน	137 ม.5 ต.สามตำบล อ.จุฬาภรณ์ จ.นครศรีธรรมราช